



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Configuración PATRIOT, posibles ventajas de la configuración 2+ versus la 3

Autor

CAC. Art. David Navarro Mariñoso

Directores

Cap. D. Jonatan Romero Pérez

Dr. D. Juan Pablo Hierro Álvarez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2016

Resumen

El trabajo "Configuración PATRIOT, posibles ventajas de la versión 2+ versus la 3" tiene como objetivo dar a conocer la actual situación en la que se encuentra el sistema de misiles tierra-aire PATRIOT en el Ejército Español (ET), analizando sus debilidades, amenazas a las que se enfrenta, fortalezas y oportunidades que puede explotar respecto a versiones posteriores del mismo. Esto servirá para proponer distintas vías de mejora en función del tipo de amenaza aérea que el ET esté dispuesto a combatir con garantías.

Es importante aclarar que el fin último de este trabajo no es dar una respuesta inequívoca a qué versión del PATRIOT debería tener el Ejército Español, sino plasmar una realidad evidente de la posición actual en la que encuentra este sistema de misiles tierra-aire en las unidades españolas.

Abstract

The main aim of the project "PATRIOT Configuration. Possible advantages of configuration 2+ units over configuration 3 units" is to present the current situation of the PATRIOT system in the Spanish Army, analyzing its weaknesses, threats, strengths and opportunities which may be taken profit of, in comparison to later versions. This work will try and propose different ways of improving it, depending on the air threat that the Spanish Army is willing to fight with guarantees of success.

It is important to point out that this project does not pretend to provide with an unequivocal answer to the question of what PATRIOT configuration should the Spanish Army have. Its goal is only to present the current state of affairs about the situation of this missile system in the Spanish Army units.

Agradecimientos

Primeramente quiero agradecer la ayuda prestada en la realización del trabajo a todo el personal de la segunda batería del RAAA 81. En especial a los capitanes D. Jesús López Cabello D. Jonatan Romero Pérez y al teniente D. Isidro Rodríguez Feijoo, por su dedicación y aportación de información a la hora de proceder con el desarrollo del trabajo. También me gustaría agradecer su esfuerzo a todos los suboficiales y tropa de la segunda batería los cuales compartieron sus conocimientos y experiencia con el objetivo de poder aportar calidad al estudio de forma desinteresada. Por último me gustaría destacar el trabajo de tutorización que ha realizado el Dr. D. Juan Pablo Hierro Álvarez, marcando en todo momento las directrices que el trabajo debía adoptar y atendiendo a mis dudas e indecisiones de forma rápida e intachable, dispuesto en todo momento a ayudarme.

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- OBJETIVOS ALCANCE Y METODOLOGÍA	3
3.- SISTEMA PATRIOT	5
3.1.- INTRODUCCIÓN	5
3.2.- ELEMENTOS DEL SISTEMA PATRIOT	6
3.3.- MISIL PATRIOT	9
4.- ANÁLISIS DE LAS CAPACIDADES DE LA CONFIGURACIÓN 2+ VS LA 3	11
4.1.- ANÁLISIS PREVIO	11
4.3 ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES EN MATERIA ANTIMISIL	12
4.4 FACTORES CONDICIONANTES DEL SISTEMA	16
4.5- ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS CONFIGURACIÓN 2+ VS 3	17
4.6.- ANÁLISIS DAFO DE LA CONFIGURACION 2+ VS 3	24
5.- CONCLUSIÓN	28
6- BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXO A: COMUNICACIONES EN LA BATERÍA PATRIOT [4]	32
ANEXO B: BANDAS DE FRECUENCIA [28]	33
ANEXO C: TIPOS DE GUIADO [10]	34
ANEXO D: ORGÁNICA DE LA BATERÍA PATRIOT	37
ANEXO E: TIPOS DE MISILES NIM-104 [8]	38
ANEXO F: COMPONENTES DE UN MISIL [4]	39
ANEXO G: EVOLUCIÓN DEL SISTEMA PATRIOT [8]	43
ANEXO H: ENTREVISTA	44
ANEXO I: CASA DE LA CALIDAD [30]	45
ANEXO J: MISIONES DE LAS UNIDADES DE DAA [6]	47
ANEXO K: AMENAZAS A COMBATIR	50
ANEXO L: TRAYECTORIA DE VUELO DE UN MISIL [32]	52
ANEXO M: SECTORES DE BÚSQUEDA EN EL SITEMA PATRIOT [4]	53

ABREVIATURAS

ABT: Amenaza Convencional (Air Breafing Threat) (aviones de ala fija, helicópteros y UAV,s).

AMG: Grupo de antenas (Antenna Master Group).

ARM: Misil anti radiación (Anti-Radiation Missile).

ARS: Centro de Control y Fusión de Información (Air Control Center / RAP Production Centre / Sensor Fusion Post).

ASM: Misiles aire-tierra (Air to Surface Missile).

ATBM: Anti misil balístico táctico (Anti-Tactical Ballistic Missile).

ATM: Anti misil táctico (Anti Tactical Missile).

AWACS: Sistema de alerta temprana y control aerotransportado (Airborne Warning and Control System).

BMD: Defensa contra misiles balísticos (Ballistic Missile Defense).

CAC: Caballero Alférez Cadete.

CM: Misil de Crucero (Cruise Missile).

CRC: Centro de control e información (Control and Reporting Center).

CRG: Grupo de transmisión de comunicaciones (Communication Relay Group).

DLT: Enlace digital de datos (Digital Link Terminal).

ECM: Contramedidas electrónicas (Electronic Countermeasure).

ECS: Estación de control de empeño (Engagement Control Station).

EPP: Planta de suministro de energía (Electric Power Plant).

ET: Ejército de Tierra.

GM: Misil Guiado (Guided Missile).

GPS: Sistemas de posicionamiento global (Global Positioning System).

ICC: Central de información y coordinación (Information and Coordination Central).

JTIDS: Sistema de distribución de información táctica conjunta (Joint Tactical Information Distribution System).

LRCS: Objetivo de pequeña sección radar (Low Radar Cross Section).

LS: Lanzador (Launcher Station).

MBC: Computadora a bordo del misil (Missile Borne Computer).

NATINEADS: Sistema OTAN de defensa aérea extendida e integrada (NATO Integrated Extended Air Defense System).

NBQ: Nuclear, químico y biológico (Nuclear, Biological, Chemical).

NMD: Defensa nacional antimisiles (National Missile Defence).

OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte.

PAC: Mejora de las Capacidades del PATRIOT (Patriot Advance Capability).

PADIL: Protocolo de datos usado por PATRIOT (Patriot Air Defense Information Language).

PATRIOT: Phased array Tracking Radar to Intercept on Target

PDB: Software usado por el sistema PATRIOT (Post Deployment Build)

RAAA: Regimiento de Artillería Anti-Aérea.

RCS: Superficie equivalente radar (Radar Cross Section).

RF: Radio frecuencia (Radio Frequency)

RS: Radar (Radar set)

SDA: Sistema de Defensa Aéreo.

SDI: Iniciativa de defensa estratégica (Strategic Defense Initiative)

SOJC: Interferidor fuera de alcance (Stand off Jammer Capability)

SRBM: Misil balístico de corto alcance (Short Range Ballistic Missile).

TBM: Misil balístico de teatro (Theatre Ballistic Missile)

TCA: Auxiliar de control (Tactical Control Assistant)

TCO: Oficial táctico (Tactical Control Officer)

THAAD: Sistema de defensa aérea de capa alta (*Terminal High Altitude Area Defense System*).

TMD: Defensa contra misiles de teatro (Theater Missiles Defence)

TVM: Seguimiento a través del misil (Track via missile).

TWS: Rastrea mientras escanea (Track While Scan)

TWT: Tubo de onda progresiva (Traveling-Wave Tube)

UAV: Vehículo aéreo no tripulado (Unmanned Aerial Vehicle)

UHF: Ultra alta frecuencia (Ultra High Frequency)

VHF: Muy alta frecuencia (Very High Frequency)

WCC: Ordenador de control a bordo (Weapon Control Computer)

LISTA DE FIGURAS

NÚMERO	TÍTULO	PÁGINA
1	Estación de control de empeños	6
2	Radar AN/MPQ-53	6
3	Central de información y coordinación	7
4	Grupo de retransmisión de comunicaciones	7
5	Planta de suministro eléctrico	8
6	Grupo de antenas	8
7	Lanzador M-901	8
8	Apariencia interna de las distintas ECS's	21
9	Diferencias entre los lanzadores	23
10	Protocolos de comunicación en la batalla aérea	32
11	Material en la batería PATRIOT	37
12	Estructura del misil MIM-104	39
13	Componentes del misil MIM-104	42
14	Casa de la Calidad	45
15	Fases de la trayectoria de vuelo	52
16	Sectores de búsqueda ABT	53
17	Sectores de búsqueda TBM	54

LISTA DE TABLAS

NÚMERO	TÍTULO	PÁGINA
1	Tipo de misiles según PAC	9
2	Misiles según la amenaza a combatir	9
3	Casa de la Calidad	14
4	Misil PAC-2 VS PAC-3	18
5	Análisis DAFO	24
6	Bandas de frecuencia según el uso y la frecuencia	33
7	Beams para ABT	53
8	Beams para TBM	53

1.- INTRODUCCIÓN

A continuación, viene una breve reseña histórica que sirve para contextualizar el origen y finalidad del sistema de armas PATRIOT. Se ha extraído de las referencias [1] [2] [3] [4] [5]

El sistema de defensa aérea PATRIOT surgió como respuesta a la de los misiles balísticos de teatro¹ (TBM). Éstos comenzaron a ser empleados por Alemania durante la Segunda Guerra Mundial. Los primeros ejemplares en usarse fueron los V-2 junto con los misiles de crucero V-1. Aunque no tuvieron la efectividad esperada, su gran carga explosiva, el escaso desarrollo de los radares de la época y la gran distancia desde la que se lanzaban hicieron que no se contara con medios capaces de frenar esta amenaza en aquel momento. [2]

Posteriormente, en los años 60 y coincidiendo con la guerra fría, se produjo una carrera armamentística sin precedentes que llevó al desarrollo de numerosos TBM's. En última instancia, se trataba de aplicar una estrategia de disuasión cuyo objetivo era prevenir una confrontación a gran escala mediante la exhibición del poderío militar propio. [3].

Como consecuencia, surgió la necesidad de diseñar un sistema de defensa aérea con capacidad anti-misil, que también fuese útil frente a aviones de combate, aviones espía y bombarderos enemigos. En 1965 se adjudicó el contrato de fabricación del PATRIOT a la empresa Raytheon. Entre los requisitos que el sistema debía ofrecer estaban presentes el transporte de cabezas de guerra y la tan ansiada capacidad anti-misil. En febrero de 1970 se realizó el primer ensayo de lanzamiento del misil [4].

No fue hasta la mitad de la década de los 80 cuando se perfeccionó tanto el software como el hardware del sistema; mejorando su capacidad de adquisición de blancos, su fuselaje y su letalidad. El proceso de mejora continua no ha cesado desde entonces.

En el estudio del misil PATRIOT, no se puede olvidar la Iniciativa de Defensa Estratégica, SDI (Strategic Defense Initiative) que se presentó en el año 1983 con la finalidad de proteger el territorio norteamericano contra los misiles balísticos intercontinentales. Con posterioridad, se fueron modificando los requisitos con el fin de adecuar las capacidades operativas de los sistemas a los cambios producidos en la situación mundial. Uno de los objetivos identificados fue la necesidad de ofrecer protección a las fuerzas en cualquier teatro de operaciones. En el mismo año 1983 se estableció la doctrina de la contraproliferación y la iniciativa TMD (Theater Missiles Defence) para frenar la amenaza representada por los TBM's. En el año 1998 se amplió la TMD con el programa NMD (National Missile Defence) con el objetivo de proteger todo el territorio norteamericano de posibles ataques tanto deliberados como accidentales [5]

¹ Son misiles empleados para atacar medios que se encuentran dentro del teatro de operaciones. Entendiendo como teatro de operaciones a la zona donde se despliega un contingente.

Sin embargo, los acontecimientos del 11 de septiembre de 2001 desataron una oleada de críticas acerca de la utilidad de un sistema tan caro frente a posibles ataques terroristas. A pesar de ello y ante el incremento de la amenaza del terrorismo global y de la proliferación de armas de destrucción masiva en poder de potencias medianas, se decidió ampliar las capacidades operativas y la cobertura de los sistemas antimisiles con el programa BMD (Ballistic Missile Defense) [5].

La integración de España en la estructura militar de la Alianza ha supuesto su participación en el Sistema Integrado de Defensa Aérea Extendida de la OTAN (NATO *Integrated Extended Air Defense System*, NATINEADS). El concepto de NATINEADS implica la integración, desde tiempo de paz, de los Sistemas de Defensa Aérea de las naciones europeas de la Alianza en un único sistema de defensa aérea, con una estructura común de mando y control efectiva tanto en tiempo de paz como en situaciones de crisis o guerra. En ese marco, en la cumbre de Praga celebrada por la OTAN en el año 2002, España se comprometió dotarse de sistemas antimisil [4]. A raíz de ello y con el paso del tiempo, España adquirió un total de tres baterías PATRIOT, las cuales son las que están en dotación en el ET.

2.- OBJETIVOS ALCANCE Y METODOLOGÍA

Objetivos del trabajo:

- Averiguar qué requerimientos le pedirían los usuarios a un sistema antimisil.
- Comparar las versiones 2+ y 3 del sistema PATRIOT.
- Analizar posibles líneas de actuación futura del ET para adaptarse al marco global de la defensa antimisil.

Alcance.

Este proyecto pretende, en última instancia, ofrecer una visión comparativa del sistema PATRIOT configuración 2+ frente a la configuración 3, analizando la necesidad real de adoptar la nueva configuración en un corto periodo de tiempo. Se analizarán diversos factores que puedan servir de guía a la hora de fijar las líneas futuras de actuación del ET en el proceso de renovación o sustitución del sistema PATRIOT.

Metodología.

El trabajo se llevó a cabo durante la realización de las Prácticas Externas en el Regimiento de Artillería Antiaérea 81 (RAAA 81) situado en Marines (Valencia) durante los meses de septiembre y octubre de 2016. La información se obtuvo a partir de manuales, publicaciones del ET, cursos internos de la segunda batería del primer grupo del RAAA 81, libros científicos e internet [2,3,4,6,7,8,9,10].

El procedimiento de elaboración del trabajo se estructuró en una serie de fases:

- En la primera fase se estudiaron las características técnicas del sistema PATRIOT configuración 2+.
- En la segunda fase se buscó información sobre el sistema PATRIOT configuración 3. Esta fue la fase más costosa de todas ya que la mayor parte de la información disponible era de carácter reservado. Puesto que España no posee esta configuración, la información disponible en el RAAA 81 era escasa y procedente de reuniones con dirigentes de la empresa Raytheon. No obstante, se pudo llevar a cabo finalmente gracias a la consecución de algunos manuales de origen estadounidense [9].
- En la tercera fase se estudiaron cuáles serían las características que los usuarios del sistema pedirían a un nuevo sistema antimisil a través de una casa de calidad. En esta fase se realizó una encuesta basada en un cuestionario que se había diseñado a partir de los conocimientos adquiridos mediante el contacto diario tanto con la tropa (aspectos técnicos) como con los mandos (aspectos tácticos) del RAAA 81. Cabe destacar como especialmente valiosa la información adquirida a partir del contacto con el personal que ha desempeñado y actualmente desempeña la misión "Active Fence" en Turquía, por su visión no sólo teórica, sino práctica, del comportamiento del material en un escenario real.

Configuración PATRIOT, posibles ventajas de la configuración 2+ versus la 3

- En la cuarta fase se analizaron los elementos que cambian, tanto físicamente como a nivel interno, al pasar de una configuración a otra.
- Finalmente, se realizó un análisis DAFO del sistema PATRIOT configuración 2+ respecto a la 3 que sintetizase toda la información previa y se elaboraron unas conclusiones que sirvan como guía acerca del mejor modo de satisfacer las necesidades identificadas.

3.- SISTEMA PATRIOT

3.1.- INTRODUCCIÓN

El sistema PATRIOT es un sistema móvil de defensa aérea con posibilidad de actuar a cortos y largos alcances, desde muy baja a media altura, con capacidad todo tiempo² y que utiliza misiles guiados que simultáneamente enganchan y destruyen múltiples objetivos tales como misiles balísticos tácticos, objetivos de pequeña sección radar (LRCS), misiles de crucero (CM,s) y objetivos convencionales (aviones de última generación y helicópteros) en un ambiente de contramedidas electrónicas³ [4].

Dependiendo de la altura de interceptación, dichos sistemas de armas se pueden clasificar en interceptadores de capa alta (por encima de los 35 km) e interceptadores de capa baja (por debajo de los 35 km). Siendo el sistema PATRIOT, en todas sus configuraciones, de capa baja.

Después de la cumbre de Praga [5], celebrada en el marco de la OTAN en el año 2002, España se comprometió a dotarse de sistemas antimisiles e incrementar sus capacidades militares en este terreno para incrementar la defensa del espacio aéreo tanto nacional como internacional, pudiendo ceder sus capacidades a la OTAN si fuera necesario. La primera batería llegaría a España en abril de 2005. En ese mismo año, el Ministerio de Defensa renunció a la opción que tenía de compra de una segunda batería por estimar que no era necesario al cumplirse ya el compromiso adquirido con la OTAN.

En 2014 se autorizó la compra de otras dos baterías. Sería en junio de 2015 cuando se produciría la recepción de las dos baterías compradas de segunda mano al Ministerio de defensa de Alemania junto con diversos elementos como la Central de Control e Información (ICC), vehículos portadores, material de comunicaciones y elementos logísticos [11].

Tras ser probado en operaciones militares como “Tormenta del Desierto” y “Libertad Iraquí”, el Sistema PATRIOT se puede considerar como un sistema de defensa aérea muy fiable contra aeronaves convencionales y misiles.

Desde que comenzara la producción en 1980, se han desarrollado más de 170 Unidades de fuego PATRIOT y más de 9.000 misiles. El Sistema PATRIOT se encuentra en dotación en los Estados Unidos, Alemania, Arabia Saudita, Kuwait, Países Bajos, Japón, Israel, Taiwán, Grecia, España y Corea del Sur. Un equipo internacional de industrias de más de 4.000 suministradores y subcontratados apoya al Sistema de Defensa Aérea PATRIOT [4].

² Se denomina así a la capacidad que tienen los sistemas de operar independientemente de las condiciones meteorológicas y contra medidas electrónicas a las que estén sujetos.

³ Dispositivos diseñados para engañar a los radares, sonares y otros sistemas de detección como infrarrojos o láser.

3.2.- ELEMENTOS DEL SISTEMA PATRIOT

La batería PATRIOT está compuesta por varios elementos [4] [8]:

- Estación de control de empeño (ECS):

Es el elemento fundamental dentro de la Batería PATRIOT, desde el cual se dirigen en tiempo real las distintas funciones de la batalla aérea. Entre sus principales funciones se encuentra la de controlar el estado de los distintos equipos que forman la batería tales como los lanzadores y el radar. Además se comunica a través del protocolo PADIL con el escalón superior (Ver anexo A). La monitorización constante de los distintos equipos conectados con la ECS permite detectar averías y errores de una forma sencilla, facilitando así las operaciones de mantenimiento.



Figura 1. Estación de control de empeños [4]

- Radar (RS):

Cabe destacar que cuenta con la tecnología “phase array”⁴ y trabaja en la banda G/H (Ver anexo B). Sus funciones se pueden dividir en dos, dependiendo de si está captando trazas o guiando al misil. Por una parte se realiza la búsqueda, identificación y adquisición de elementos hostiles, tales como misiles y aviones de combate, en el espacio aéreo. Por otra parte, lleva a cabo el proceso de elaboración de órdenes y de guiado (Ver anexo C) del misil hacia el objetivo en la parte final de la trayectoria.



Figura 2. Radar AN/MPQ-53 [4]

⁴ Son un conjunto de antenas en el cual las fases relativas de las señales con que se alimenta cada antena se varían intencionadamente con objeto de alterar el diagrama de radiación del conjunto. Lo normal es reforzar la radiación en una dirección concreta y suprimirla en direcciones indeseadas [12].

Se trata de un radar 3D, lo cual le permite obtener la altura de las trazas de forma precisa. El alcance del radar es de 3 a 170 kilómetros, y sus sectores de búsqueda y seguimiento son de 90° y 120° respectivamente. Además, tiene la capacidad de modificar su configuración para ser más eficiente en ambientes de clutter⁵ intenso y bajo ECM. Puede llevar el seguimiento de un máximo de 100 objetivos y proceder al guiado de un total de 9 misiles simultáneamente.

- Central de Información y Coordinación (ICC).

Es el elemento encargado de organizar, controlar, asignar y resolver los problemas que surjan durante los empeños de las baterías en tiempo real. Ejerce la función de sistema controlador de las distintas baterías que conforman el Grupo PATRIOT (Ver anexo D). Para ello está equipado con una gran variedad de protocolos de enlace como PADIL, Link 16 y ATDL-1 para poder transferir datos entre distintas plataformas.



Figura 3. Central de información y coordinación [4]

- Grupo de Retransmisión de Comunicaciones (CRG).

Constituye el relé entre la ECS e ICC dentro del despliegue del grupo PATRIOT. Sirve para aumentar las distancias de despliegue sin que se vea afectada la calidad de las comunicaciones.

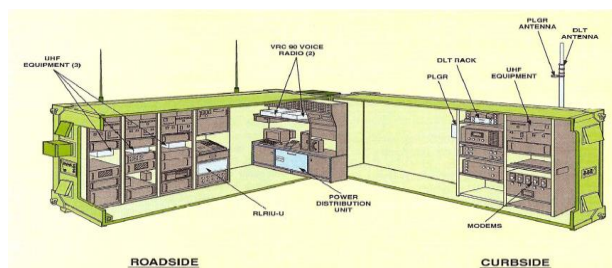


Figura 4. Grupo de retransmisión de comunicaciones [4]

⁵ Todos aquellos ecos (señales de RF) recibidos por el radar que son, por definición, no deseados.

- Planta de Suministro Eléctrico (EPP):

Provee de electricidad al radar y a la ECS. Está formado por dos grupos electrógenos de 150 Kilovatios de potencia.



Figura 5. Planta de Suministro Eléctrico [13]

- Grupo de antenas (AMG):

Proporciona los enlaces necesarios para que la comunicación sea posible entre la ECS, la ICC y el CRG. Sus antenas amplifican y direccionan las señales de los equipos de comunicaciones (UHF).



Figura 6. Grupo de antenas [14]

- Lanzador (LS):

Sirve como soporte de los misiles así como de medio a través del cual se procede al apuntado y al lanzamiento de los mismos. Pueden ser controlados en modo local (a través de fibra óptica) o en remoto (hasta un máximo de 30 km) desde la ECS. Cada lanzador puede transportar cuatro misiles de la familia PAC 2 en su configuración 2+ o un total de dieciséis misiles familia PAC 3 en su configuración 3. Para proceder a la recarga de los misiles, se cuenta con grúas que permiten el rápido intercambio de los cánisters.



Figura 7. Lanzador [15]

3.3.- MISIL PATRIOT

Los misiles PATRIOT han sufrido diferentes modificaciones desde que se creó el sistema de armas y su alcance se ha mejorado hasta superar ampliamente los 70 kilómetros. La amplia diversidad de misiles disponibles permite hacer frente a un amplio espectro de objetivos adecuando cada modelo al tipo de amenaza existente [7].

VERSIÓN	MODELO	TIPO	CAPACIDADES
PAC-1	MIM-104A	STANDARD (DIGITAL)	Gran efectividad contra amenazas ABT aunque escasa capacidad contra TBM'S
	MIM-104B	SOJC	Usado para combatir emisores que estén fuera de alcance. Utiliza un buscador que selecciona el emisor más potente para la guía terminal
PAC-2	MIM-104C	ATM(Anti Tactical Missile)	Mejora la ejecución contra TBM/ABT, doble fuselaje, incremento de la velocidad y fragmentación de la cabeza de guerra
	MIM-104D	ATM1 (Guidance Enhanced Missile) (GEM)	Mejora la ejecución contra TBM de gran velocidad y ABT,s de RCS pequeña
	MIM-104E	ATM1B (GEM +)	Mejora la ejecución contra objetivos a baja cota con RCS pequeña y amenazas TBM de gran velocidad
PAC-3	MIM-104F	ATBM CON TECNOLOGÍA "HIT TO KILL"	Mejora la efectividad contra TBM,s y CM,s, ya que, incorpora un "seeker" activo de longitud de onda milimétrica y guía inercial.

Tabla 1. Tipo de misiles según PAC [7]

Cada versión de la serie se distingue visualmente de las demás por una letra mayúscula identificadora inscrita a continuación de la nomenclatura de tipo. La primera variante se inicia con la "A", siguiendo en orden cronológico descendente las siguientes versiones.

NOMENCLATURA	AMENAZA ESPECIFICA			
	TBM	ABT		
		NOMINAL	PERTURBADOR	MISIL CRUCERO
MIM-104A		X		
MIM-104B			X	
MIM-104C	X			
MIM-104D	X			
MIM-104E	X			
MIM-104F	X			X

Tabla 2. Misiles según la amenaza a combatir [8]

Es importante destacar el alcance que tiene el misil. Tiene un techo de 24 km, trabajando en la capa baja, y un alcance teórico de 80-100 km. No obstante también necesita de unos mínimos para su funcionamiento, que están en 3 kilómetros de distancia y 60 metros de altura. Los misiles con los que cuenta el ET son el MIM-104 A, B y C, explicados en los anexos E y F respectivamente

4.- ANÁLISIS DE LAS CAPACIDADES DE LA CONFIGURACIÓN 2+ VS LA 3

4.1.- ANÁLISIS PREVIO

Es importante, antes de empezar el análisis, dejar al lector unos conceptos claros con la finalidad de poder comprender el análisis en su conjunto.

El primero es aclarar la versión con la que actualmente cuenta el Ejército Español que es la configuración 2+ perteneciente al PAC-3 (Ver anexo G). Los cambios materiales que se pueden apreciar entre la configuración 3 y la 2+ del PAC-3 se refieren únicamente al lanzador. El lanzador de la configuración 2+ es el M-901 y el de la configuración 3 es el M-902, el primero difiere del segundo en el tamaño de cada canister. El LS M-901 es capaz de lanzar hasta 4 misiles PATRIOT PAC-2 mientras que el M-902 puede lanzar hasta 16 misiles PAC-3 [9]. Es decir, cada canister del lanzador M-901 es cuatro veces mayor que el del lanzador M-902.

El uso generalizado por la mayoría de los países del PAC-3, lleva implícito que la configuración 3 es la que portan sus distintos elementos y que puede disparar el misil PAC-3. Sin embargo este no es el caso de unos pocos países como España, Israel y Grecia, los cuales pese a que sus sistemas PATRIOT cuentan con el PAC-3 no pueden disparar misiles PAC-3. Esto es debido a que la configuración 2+ de dicho PAC no posee la capacidad de disparar misiles PAC-3, sino únicamente aquéllos que pertenezcan al PAC-2 Y PAC-1.

El segundo es la forma en la que España adquirió el sistema PATRIOT. Pese a que el Consejo de Ministros había formalizado la compra de la primera batería PATRIOT en 2004, nunca fue una prioridad para España tener la última versión del sistema ya que se adquirió tecnología que en el momento no era de vanguardia. De hecho los componentes de la primera batería PATRIOT se adquirieron aprovechando la oferta de adquirir excedentes del ejército Alemán, con un coste aproximado de 100 millones de euros [11].

Otro aspecto a tener en cuenta es que pese a la importancia estratégica que tiene España en la escena geopolítica de hoy en día, al estar tan cerca del Magreb, la probabilidad de que reciba ataques con aviones de combate o misiles es escasa. No obstante, la posibilidad que algunos de estos países se hagan con misiles de origen ruso procedentes de países en guerra como Siria puede ser una amenaza creciente en los próximos años. Esto, unido al compromiso cumplido de contribuir con una batería en su pacto con la OTAN, propició que el Gobierno español no viera justificado el desembolso de 60 millones de euros para comprar más baterías PATRIOT en 2005. Es significativo remarcar en este punto que el ejército israelí, a pesar del escenario hostil en el que se encuentra, haya considerado que la configuración 2+ es suficiente para hacer frente a las posibles amenazas que en forma de misiles TBM tenga que afrontar. En el caso español, hay que tener en cuenta no sólo la protección del territorio nacional frente a las amenazas esperables, sino también el cumplimiento de los compromisos derivados de misiones internacionales en el marco de la OTAN.

El tercero es que pese a que la configuración 2+ PAC-3 del sistema PATRIOT español no es capaz de lanzar misiles PAC-3, es más efectiva contra la amenaza ABT, debido a las características inherentes de toda la familia de misiles PAC-2. Este va a ser un factor a tener en cuenta en el posterior análisis, ya que la posibilidad de tener un sistema multipropósito ha sido siempre un factor clave para el ET. La posibilidad de ahorrar costes con una configuración tecnológicamente inferior a cambio de sacrificar eficacia contra la amenaza misil puede estar justificada en gran medida para un ET que tiene multitud de sistema de armas que actualizar y mantener. Como es de esperar, la gran cantidad de sistemas de armas que tiene el ejército unido a lo ajustado del presupuesto de defensa hacen que la prioridad de renovación de un sistema (que hoy en día aún cumple los requerimientos que se piden a un sistema de defensa aérea) no sea elevada.

Por último, la dificultad de encontrar información técnica sobre equipos de la configuración 3, la cual no tiene España, unido a la confidencialidad de esta información, hace que en algunos aspectos del análisis no se haya podido indagar con mayor profundidad.

4.3 ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES EN MATERIA ANTIMISIL

Después de conocer cuál es el material con el que cuenta el ET en sus unidades, se hace necesario incorporar la opinión del personal que ha tenido la oportunidad de operar con la configuración 3 del sistema PATRIOT, para poder analizar los aspectos a mejorar en la configuración 2+. Es por ello que se analizó la respuesta que dio el personal de la segunda Batería del Grupo PATRIOT a una encuesta (Ver anexo H). La muestra del estudio se realizó con un total de 10 miembros de la segunda batería que habían estado operando material americano configuración 3 en la misión “Active Fence” en Turquía. Esta muestra de la batería estaba compuesta por un total de 3 oficiales, 3 suboficiales y 4 miembros de tropa. Aparentemente es una muestra muy pequeña dentro del Grupo PATRIOT compuesta por unos 200 integrantes, sin embargo la actual situación en la que se encuentra el grupo con la mayor parte del personal desplegado en Turquía, unido a la escasez de personal que haya trabajado realmente con la configuración 3 del sistema PATRIOT hace que la muestra se pueda considerar suficiente para sacar conclusiones generales.

Otro aspecto a tener en cuenta es el desempeño táctico que cada miembro hace dentro de todo el sistema PATRIOT. La labor de la tropa dentro de la batería es poner en posición el lanzador, mientras la de los suboficiales es estar al cargo del óptimo funcionamiento de elementos mayores como pueden ser el radar, los propios lanzadores o la AMG. El oficial (TCO) junto a su auxiliar (TCA), se encargan del control de los empeños, asignación de las trazas junto a un sinnúmero más de actividades, es decir de operar la ECS. Es por ello que el estudio se ha centrado en obtener las necesidades no cubiertas en cada uno de los distintos puestos tácticos con el objetivo de buscar similitudes o diferencias presentes en la configuración 3 con el objeto de posteriormente analizar puntos fuertes de la configuración 2+ si los hubiera.

Con ese fin, se ha procedido a elaborar una casa de la calidad, la cual se explicó en la asignatura Calidad durante el curso 2014-2015 [16] (Ver anexo I) como herramienta para

relacionar los deseos y pretensiones que tienen los distintos integrantes que operan el sistema PATRIOT con las características de un producto que podría parecerse o no a la configuración 3 del sistema PATRIOT. A partir de ahí se concluirá si los puntos indicados en el estudio son suficientes para afirmar que la configuración 3 es necesaria o no.

Explicación de la casa de la calidad:

Tras identificar las necesidades que los usuarios consideran importantes en un sistema antimisil, plasmadas en los QUÉ's y correspondientes a las preguntas uno, dos, tres, seis y siete y determinar posteriormente como se podía cumplir con esas necesidades se procedió a rellenar la matriz de relaciones la cual corresponde con las celdas azules. La ponderación puede ser 0, 1, 3, 6 y 9 e indica el grado de relación que tienen los QUÉ's con los CÓMO's siendo 0 ninguna y 9 la máxima. El criterio para asignar estas puntuaciones se ha obtenido con la pregunta ocho de la entrevista. Por otra parte la importancia que aparece en las celdas rojas, así como la importancia de los QUÉ's en el sistema PATRIOT, se obtuvieron de las respuestas del personal a la entrevista, concretamente las preguntas cuatro y cinco. La columna de objetivo se obtuvo con la pregunta número nueve. Posteriormente se procedió a rellenar las sucesivas celdas de la siguiente forma:

- Ratio de mejora = Objetivo/Sistema PATRIOT.
- Ponderación absoluta de los QUÉ's = Objetivo x Ratio de mejora.
- Ponderación relativa de los QUÉ's = $\text{Ponderación absoluta de los QUÉ's} \times 100 / \text{Sumatorio de Ponderación absoluta de los QUÉ's}$.
- Orden de importancia = El que mayor ponderación relativa de los QUÉ's posea es el más importante.
- Ponderación absoluta de los CÓMO's = Sumatorio de los productos de la matriz de relaciones en sentido descendente por la ponderación relativa de los QUÉ's en sentido descendente.
- Ponderación relativa de los CÓMO's = $\text{Ponderación absoluta de los CÓMO's} / \text{Sumatorio de la ponderación absoluta de los CÓMO's}$.
- Orden de importancia de los CÓMO's = El que mayor ponderación relativa de los CÓMO's posea es el más importante.

QUÉ'S		IMPORTANCIA	CÓMO'S											
			Adquisición de nuevo PDB interfaces táctiles y hardware moderno	Adquisición de Nuevo excitador de frecuencias y válvula DTWT	Aumento en el alcance del misil	Sistema de anclajes en el chasis del camión	Transmisión de datos vía radio	Recambios fáciles de adquirir	Sistema PATRIOT	OBJETIVO	Ratio de mejora	Ponderación absoluta QUE'S	Ponderación relativa QUE's	Orden de importancia QUE's
1	Que tenga un sistema de seguridad para cambiar cáñisters	2				9			1	2	2	4	10,04	4
2	Facilidad de mantenimiento	3			3			9	2	5	2,5	7,5	18,83	2
3	Que aumente el sector de vigilancia y seguimiento del radar	4	3	9				3	4	1,33	5,33	13,38		3
4	Que se renueve del hardware y software de la ECS	5	9	1				2	5	2,5	12,5	31,38		1
5	Aumentar distancia de intercepción	5	1	1	9			1	3	1,5	7,5	18,83		2
6	Que aumente la distancia del despliegue	2		3	1		9		3	1,5	3	7,53		5

Ponderación absoluta COMO's	341,39	192,77	233,49	90,36	67,77	188,3
Ponderación relativa COMO's %	30,64	17,30	20,95	8,11	6,08	16,9
Orden de importancia COMO's	1	3	2	5	6	4

Tabla 3. Casa de la Calidad (elaboración propia)

Tras analizar las respuestas de los operadores sobre qué se le podía pedir a un nuevo sistema antimisil, se concluyó que la característica más importante que se le podía pedir a un sistema es que tenga un hardware y software renovado, acorde con la tecnología presente en la actualidad. La segunda posición la comparten dos peticiones, por un lado, un sistema cuyo mantenimiento no dé tantos problemas como los que se están teniendo la configuración 2+ del PATRIOT, y por otra parte, la de un sistema que permita aumentar la altura de interceptación del misil. La tercera es la mejora en lo que a las prestaciones del radar se refiere. Un aumento en los sectores de vigilancia y seguimiento del radar serían mejoras muy a tener en cuenta en lo que a nuevas posibilidades tácticas se refiere.

Llegados a este punto se hace necesario llegar al trasfondo de lo que la casa de la calidad nos muestra. Los cómo van a ser los elementos guía en los cuales las nuevas líneas de actuación deberían enfocarse. En primer lugar la renovación de hardware y software moderno para la ECS o COAAAS de cualquier sistema de defensa aérea vendría impuesto por la compra de cualquier versión actual, tanto la configuración 3 o 3+ del propio sistema PATRIOT como el de otros sistemas. Por otra parte el aumento del alcance del misil es un cómo no satisfecho por la versión 3 del sistema PATRIOT, ya que la tendencia actual en este es acortar la distancia de interceptación, centrándose en proveer de menor alcance y techo pero de una mayor efectividad, dotando al misil de mayor velocidad y maniobrabilidad así como de nuevos sistemas de guiado. Es por ello que para satisfacer el aumento en la distancia de interceptación es probable que se tuviera que adquirir un sistema como el THAAD, el cual provee de defensa contra misil a distancias de entre 150 y 200 km [17]. Sin embargo esta opción no parece que sea factible, tanto por el elevado coste del sistema como de la reestructuración táctica que supondría su compra. Por otra parte, la adquisición de un nuevo excitador y la válvula DTWT⁶ así como la obtención de recambios vienen ligadas sin ninguna duda a la compra de la configuración 3 del sistema. La modernización en el sistema radar como elemento fundamental dentro del sistema PATRIOT y la posibilidad de adquirir recambios actuales sin caer en sobre coste de recambios que ya no fabrica el proveedor serían condiciones satisfechas con la compra de la configuración 3 del sistema PATRIOT, así como con la compra de otros sistemas de defensa aérea. Por último, el proveer de un sistema de seguridad a la hora de cargar los misiles en los canisters, así como la capacidad de transmitir los datos del guiado del misil de la ECS a los lanzadores vía radio son dos características que no están satisfechas en la actualidad en la configuración 2+ pero que podrían serlo sin la necesidad de adquirir ningún otro sistema. En el caso de aumentar la distancia del despliegue ya se están estudiando varias formas de poder llevar a cabo la transmisión de datos vía radio sustituyendo los enlaces por fibra óptica.

Los resultados obtenidos de esta casa de la calidad se pueden clasificar en tres bloques. El primer bloque son las peticiones que pueden ser satisfechas con la compra de un nuevo sistema antimisil o por la configuración 3+, (la 2, 3 y 4). El segundo bloque lo conforma la petición que no puede ser satisfecha de ninguna manera actualmente (la número 5).

⁶ Dispositivo electrónico usado para amplificar señales de radio frecuencia (RF) mediante un montaje electrónico [18]

El tercer y último bloque lo conforman las peticiones que no requieren de la compra de ningún sistema ni de la actualización de la configuración 2+ para ser llevadas a cabo (1 y 6).

Como conclusión se puede extraer que entre las necesidades no cubiertas que los operadores ven en la configuración 2+ la renovación del software y hardware es la que mayor prioridad tiene, no solo por la evidente obsolescencia del software que se emplea sino también por la falta de soporte técnico que el PDB 6.5 va a sufrir a mediados de este año. Factor que se va a tratar en el siguiente apartado.

4.4 FACTORES CONDICIONANTES DEL SISTEMA

Una vez divididas en bloques las necesidades de los operadores del sistema PATRIOT se hace más que necesario analizar dos puntos fundamentales, que van a condicionar de gran manera la visión global de si la configuración 3 se va a convertir en una necesidad real o no en el ET; la prioridad en la adquisición del material y la obsolescencia tecnológica.

En primer lugar cabe destacar la evidencia de que las necesidades en cuanto a material cada vez más sofisticado son casi infinitas en cualquier ejército. Sin embargo los recursos destinados a la compra de nuevos materiales son limitados. Atendiendo al presupuesto de Defensa para el año 2015 el total ascendía a unos 6000 millones de euros de los cuales cerca del 70 % van destinados a gastos de personal [19]. Esto hace que unos 1800 millones de euros se puedan destinar a la adquisición de nuevos materiales. Sin embargo el tener que hacer frente a los programas especiales de armamento y recordando que el ET sólo es una parte del Ejército Español hace que la cuantía dedicada a la compra de nuevo material o renovación del que se tiene en dotación sea mínima.

Por otra parte y atendiendo a las directrices que dio el jefe del MAAA, el excelentísimo General de Brigada Don José Miguel De los Santos Granados el día 3 de Febrero de 2017 en la Academia de Artillería; la artillería anti aérea española tiene una serie de prioridades en cuanto a la renovación y mejora del armamento actual. Entre una serie de prioridades, en primer lugar se encontraba la modernización del sistema NASAMS, el cual es el armamento más nuevo con el que cuenta el MAAA. En segundo lugar se encontraba la adquisición del nuevo misil MISTRAL III en sustitución del antiguo MISTRAL II. Y nos tenemos que desplazar hasta el tercer lugar para encontrar la renovación del sistema PATRIOT a la configuración 3/3+ y hasta el séptimo para encontrar la adquisición de una nueva batería PATRIOT. Esto permite ver, de una forma global, las prioridades en la renovación del material. No obstante el factor de que el PATRIOT sea el único sistema antimisil con el que cuenta el ET es un factor con un peso razonable que puede ganar importancia con el paso del tiempo.

En segundo lugar, cabe mencionar que el avance tecnológico está haciendo que los fabricantes de armamento tiendan a proveer de menos tiempo de soporte técnico de los materiales que venden. Esto se materializa en que el armamento cada vez tiene menos vida útil o dicho de otra forma, que la renovación de materiales se tiene que hacer de forma casi obligada. En el caso del sistema PATRIOT es el software PDB 6.5 el que a mediados del 2017 dejará de recibir soporte técnico. Esto hará que la ECS configuración 2+ pase a estar obsoleta y

destinada a una renovación inminente. Sin embargo el desempeño de la ECS no es malo, al igual que el del radar. Ambos cuentan con tecnologías desarrolladas en los años noventa que se están viendo desplazadas por los cambios tecnológicos que se han venido sucediendo durante los últimos años. Este segundo factor está propiciando que el software de los equipos con los que cuentan numerosos sistemas de armas se vean empujados a una constante mejora.

Analizando todo lo expuesto hasta este punto se puede concluir que el factor económico es un gran condicionante a la hora de adquirir nuevo y costoso material; no obstante, la obsolescencia de la tecnología va a impulsar de una forma drástica a la renovación del sistema PATRIOT debido a la falta de soporte técnico en el sistema PDB. Es por ello que la adquisición de una nueva batería PATRIOT configuración 3 de segunda mano a países como EE.UU o Alemania podría parecer una opción viable; pero que presenta el problema de la obsolescencia de la configuración 3, con la que se debería lidiar y que conduciría a tener que adquirir la configuración 3+ en un corto periodo de tiempo. Sería de alguna forma como cuando se adquirió la configuración 2+ cuando ya estaba vigente la 3. Este retraso tecnológico a la hora de comprar las configuraciones está haciendo que la vida de los equipos que el ET adquiere estén condicionados a la garantía en lo que se refiere a repuestos y soporte de software que el proveedor ofrece. Por lo tanto, como lección identificada se puede concluir que establecer contratos de mayor duración con los fabricantes debe ser una línea de actuación futura, si no se quieren perder equipos que funcionan correctamente por la falta de soporte, como es el caso de los equipos con la configuración 2+ que podrían seguir cubriendo las necesidades de protección del territorio nacional durante unos cuantos años más.

4.5- ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS CONFIGURACIÓN 2+ VS 3

De los 5 elementos básicos (LS, RS, ECS, AMG, EPP) de los que consta una batería PATRIOT, sin contar con el propio misil, presentan cambios entre las dos configuraciones el lanzador, el radar y la estación de control de empeño. Es conveniente aclarar que en este punto se va a llevar a cabo un análisis tanto técnico en lo que se refiere a hardware y software como táctico en cuanto a su empleo en territorio nacional y en operaciones, desempeñando misiones de protección de fuerza y de defensa de punto o de zona, (Ver anexo J).

- Misil de la familia MIM-104 C/D (PAC-2) vs MIM- 104F(PAC-3)

A continuación se expone una tabla con las principales diferencias entre ambos modelos. La explicación de cada una de las diferencias viene detallada en la siguiente página:

	PAC-2 (MIM104 C/D)	PAC-3 MIM 104 F
Longitud	5,3 m	5,2 m
Diámetro	41 cm	25 cm
Peso del Misil	900 Kg	312 Kg
Fabricante	Raytheon, Lockheed Martin, Siemens, Mitsubishi	Lockheed Martin
Capacidad	4 Misiles	16 Misiles
Propulsión	Motor Cohete de propulsor sólido	Motor cohete de propulsor Sólido
Guía	Ordenes de guiado TVM	Inercial/activa radar onda mm y búsqueda terminal
Cabeza de Guerra	91 Kg de explosivo con fragmentación por proximidad	73 Kg de explosivo "Hit to Kill"
Velocidad	Match 5	Match 5
Altura Máxima	24 km	10-15 km
Alcance del misil	100 km	20 km

Tabla 4. Misil PAC-2 VS PAC-3 (Elaboración propia)

En principio, cabe destacar la diferencia de tamaño entre los dos misiles. Pese a que la longitud de ambos misiles es prácticamente la misma, la diferencia fundamental radica en el peso y en diámetro del mismo. La cabeza de guerra en el caso del misil PAC-3 tiene aproximadamente la mitad de diámetro que la del misil PAC-2. Esto obviamente repercute en la cantidad de carga útil capaz de portar hasta el objetivo, la cual se ve disminuida en casi 20 kilos respecto al misil PAC-2. Esto podría hacer pensar al lector que un misil PAC-3 es menos letal que uno PAC-2. Sin embargo los misiles del PAC-3 tienen dos aspectos clave que confirman que eso no es así:

- En primer lugar, la efectividad del sistema PATRIOT PAC-3 se basa en el empleo en masa del fuego; es decir, cuanto más volumen de fuego esté en el aire más probabilidad de destruir al objetivo se obtiene. Esto se puede llevar a cabo gracias al lanzador M-902 correspondiente al PAC-3 que puede lanzar hasta 16 misiles PAC-3, mientras que con el lanzador asociado al PAC-2, el M-901, solamente 4.

- En segundo lugar; los misiles correspondientes al PAC-3 cuentan con una tecnología distinta a la empleada por los misiles PAC-2, llamada "hit to kill", que consiste en destruir la cabeza de guerra del misil objetivo a través de una colisión directa de la cabeza de guerra del misil PATRIOT contra la del objetivo. La liberación de energía que se produce con el impacto directo es mayor que la que se consigue con la proyección de metralla, método con el que cuenta el misil PAC-2 para eliminar el objetivo. Este aumento de energía lleva implícito una mayor capacidad de destrucción del objetivo, así como una mayor probabilidad de dañar las submuniciones que pudiera portar en su interior la cabeza de guerra.

La tecnología “hit to kill” hace que en gran medida se evite la producción de fragmentos (*debris*) provenientes de la cabeza de guerra y así poder evitar los efectos no deseados correspondientes a la dispersión de las armas de destrucción masiva que pudieran portar. Este aspecto es fundamental, ya que el sistema PATRIOT se caracteriza por actuar en la fase terminal de la amenaza es decir cuando la amenaza TBM se encuentra en una fase descendente, próxima al objetivo. Es por ello que un aspecto clave es evitar que se produzcan *debris* indeseados que puedan contaminar áreas estratégicas. Esto se vuelve mucho más importante si cabe en la defensa de punto, en la cual es crítica la supervivencia del sistema.

Por otro lado los misiles PAC-2 pese a que son capaces de interceptar misiles balísticos, tienen una eficacia cuestionable a la hora de destruirlos adecuadamente. Parece que el problema procede del diseño original como arma anti-aeronave, cuyo método de detonación de la cabeza de guerra consiste en activar una espoleta de proximidad en las cercanías del centro de masas del objetivo, inmediatamente antes de golpearlo, dispersando metralla en abanico, destruyendo o inhabilitando la amenaza. Con aeronaves este método es eficaz. Contra misiles balísticos, considerando su muy superior velocidad y la colocación de su cabeza de guerra (normalmente en el morro), es insuficiente. La velocidad del misil balístico causa que la espoleta del misil interceptador detone cuando las cabezas de guerra respectivas ya se han cruzado, incluso puede que cerca de la cola del objetivo. Por lo tanto, no se ejerce el efecto suficiente sobre la amenaza (no destruye su cabeza de guerra), produciéndose múltiples trozos que aún pueden ocasionar daños en tierra, incluso la propia cabeza de guerra del misil balístico puede todavía impactar sobre la superficie.

La solución pasa por mejorar la capacidad y efecto de la explosión cerca del objetivo, es por ello que la tecnología “hit to kill” se ha impuesto por su alta capacidad para eliminar la amenaza en su totalidad.

Otro aspecto a analizar es la incorporación en los misiles PAC-3 de un seeker mejorado que conforma la autoguía directa activa del misil. Los misiles PAC-2 cuentan con un seeker que utiliza una autoguía directa semiactiva para el modelo MIM 104-D. La diferencia es que en el caso activo el propio misil ilumina el blanco mientras que en el caso semiactivo el misil se limita a recibir el eco de la señal iluminante proyectada desde tierra. El problema de esto último es que, a distancias cortas, se consigue una mejor iluminación con un foco cercano débil (activo) que con uno lejano intenso (semiactivo).

Por ahora, sólo se ha analizado la capacidad del misil PATRIOT desde el punto de vista de combatir la amenaza TBM (Ver anexo K). Aunque en un principio el misil fue diseñado con la intención de poder combatir amenazas ABT, el posterior desarrollo del mismo se enfocó hacia la amenaza TBM. Es en este punto donde cabe destacar la pérdida de alcance del misil PAC-3 respecto al misil PAC-2. Esto hace que un alcance de 20 km sea algo escaso para batir un objetivo aéreo hostil. Es ahí donde el misil PAC-2 goza de su mayor ventaja, que es la versatilidad. Pese a no contar con la tecnología “hit to kill” el desempeño de la explosión por proximidad es aún efectivo contra la amenaza TBM menos desarrollada, entendiendo esta como misiles de bajas velocidades y sección recta radar⁷ (RCS) considerables. Si bien es cierto que para combatir la amenaza cambiante hay mejores alternativas; el comportamiento de, al menos, el misil PATRIOT MIM 104-C, es aceptable aunque no pueda competir con el misil PAC-

3 en este aspecto. Además su alcance de 100 km hace que en el segmento de lucha contra ABT sea mejor el misil PAC-2 que el PAC-3. En cuanto a la velocidad del misil, ambos cuentan con una velocidad 5 Mach en la trayectoria de vuelo (Ver anexo L) y usan un motor de propulsor sólido, el cual goza de numerosas ventajas frente al motor de propulsor líquido. Entre ellas, se encuentran la relativa simplicidad en el diseño del motor y la escasa peligrosidad en la manipulación y almacenaje del propulsor sólido

Por lo tanto, se puede concluir diciendo que pese a que por sí mismo el misil PAC-3 tiene menor carga útil y menos alcance que el misil PAC-2, la efectividad contra amenaza TBM es mayor al ser capaz la configuración 3 del sistema de proyectar 16 misiles por lanzador, al empleo de la tecnología “hit to kill” y a que dispone de un seeker activo. No obstante si la intención es combatir amenazas convencionales, los misiles del PAC-2 son mucho más efectivos. Por lo tanto la ventaja que tiene el PAC-2 es que al ser el misil multipropósito es más versátil hacia amenazas de todo tipo, lo que puede llevar a dar más flexibilidad al mando a la hora de planear una defensa de punto o de zona.

Unido todo esto al menor coste monetario de toda la familia PAC-2 respecto a la PAC-3, significa que el uso de una configuración menos avanzada pueda ser factible en situaciones como la que presenta en la actualidad el ET, donde hay otros sistemas de armas que cuentan con más prioridad a la hora de ser modernizados.

- AN/MSQ-104 VS AN/MSQ-132

La ECS es el centro operacional desde el cual se gestionan las distintas tareas de la batalla aérea en tiempo real y se controla el estado de los distintos equipos del sistema, pudiendo localizar las averías que surjan. Los equipos de la ECS utilizan un software encargado de realizar las tareas anteriormente mencionadas. Este software es el “*Post Deployment Build*” (PDB). Actualmente en las ECS’s con las que cuenta el ET utilizan el PDB 6.5 frente al PDB 7 que es usado en las ECS’S AN/MSQ-132. La diferencia básicamente radica en pequeñas variaciones que se tienen que incluir en la ECS para que funcionen los cambios que vienen implícitos en la configuración 3 del PATRIOT. Por ejemplo, es necesario cambiar el software para que la ECS reconozca los misiles PAC-3 y para que se adapte a los 16 que puede portar cada lanzador. Además el PDB 7 cuenta con otras novedades como la capacidad de discriminar los blancos según su tipo: UAV’s, CM’s, helicópteros, misiles antirradiación, etc...También es necesario modificar el software para conseguir que el sector de búsqueda sea del mismo tamaño que el sector de seguimiento. Estos cambios, junto con la constante mejora de los componentes electrónicos, cuya función es mejorar el rendimiento interno de los equipos, hacen que el software esté en constante desarrollo. Físicamente la interfaz de la ECS configuración 3 es táctil y cuenta con un aspecto más moderno que la configuración 2+, en la cual las distintas funciones se activan por medio de botones físicos.

⁷ Es una medida que indica como de detectable es un objeto mediante un radar. Un RCS mayor indica que un objeto es más fácil de detectar



Figura 8. *Apariencia interna de las distintas ECS's [20] [21]*

- AN/MPQ-53 VS AN/MPQ-65

El radar como elemento fundamental en el sistema PATRIOT presenta varios cambios importantes entre las dos versiones. Entre ellos se encuentran la duplicación en el TWT y el excitador, lo que proporciona un mayor sector de exploración, pasando de 90º a 120º y la mejora en la clasificación, discriminación e identificación de los blancos respectivamente. El aumento de la potencia media del radar, la mejora de la memoria RAM y la resolución, la capacidad de discriminación del clutter, el desempeño del radar en condiciones de lluvia, unidos a la ampliación de la búsqueda de sectores TBM/ABT (Ver anexo M) y la creación de un nuevo sector de búsqueda para CM,s de gran altitud conforman el resto de mejoras respecto al radar de la configuración 2+.

Sin embargo la mejora más reseñable es el aumento del sector de exploración que pasa de 90 a 120 grados. El radar levanta las trazas de todo objeto que se encuentre en el espacio aéreo dentro de su sector a través de la exploración. El seguimiento de las trazas se lleva a cabo desde el modo seguimiento en la cual se adquieren las trazas que en el modo exploración se han levantado o bien se adquieren las que son asignadas por el escalón superior.

La ventaja más importante respecto a esta ampliación del sector es que se pueden combatir trazas que estén fuera del sector de exploración del radar. Esto es una ventaja clara pero no definitiva que tiene el radar asociado a la configuración 3 respecto al de la configuración 2. Normalmente las baterías PATRIOT están integradas en sistemas de mando y control aéreo los cuales poseen potentes radares, capaces de levantar trazas a distancias mucho mayores que el radar del PATRIOT. Es por ello que el radar del sistema PATRIOT solo radia en muy pocas ocasiones, principalmente cuando existe una amenaza en el aire, con el fin de no ser descubierto, perturbado y destruido y por meras razones de supervivencia, siendo el aumento del sector de exploración algo de escasa importancia.

- Lanzador M-901vs M-902

Como ya se ha avanzado antes, la diferencia más visible entre dos sistemas PATRIOT de configuraciones 2+ y 3 se halla en la forma de los canisters. Los cuatro canisters que porta el lanzador M-901 se confrontan con los cuatro canisters subdivididos en cuatro compartimentos por canister del M-902. Esto implica un cambio que es debido analizar desde distintos enfoques.

Desde el punto de vista logístico el lanzador M-902 es algo más costoso de servir, ya que el transporte de los 16 misiles que puede portar implica un mayor peso a transportar. Recordando que cada misil PAC-3 pesa aproximadamente unos 300 kg respecto a un misil PAC-2 cuyo peso es unos 900 kilogramos hacen que en el peso total del lanzador M-902 sea 1200 kg más pesado que el M-901, a pesar de que el volumen que ocupan sea el mismo. Es por ello que el lanzador M-901 necesita de menos medios para ser puesto en funcionamiento, lo que mejora su viabilidad logística.

Desde el punto de vista funcional, la capacidad de portar dieciséis misiles de última generación en vez de cuatro es una ventaja clara para el lanzador M-902. El volumen de fuego capaz de ser proyectado que hace que las probabilidades de derribar una amenaza TBM o incluso ABT dentro del rango acotado que tiene el misil PAC-3 (MIM-104F) sean mucho mayores.

Desde la perspectiva del despliegue en la zona de operaciones, la configuración 3 del sistema, permite poder desplegar los lanzadores hasta treinta kilómetros en modo remoto, lo que hace que se amplíe el área a defender cuando se usa esta configuración. En modo local la distancia a la cual se pueden desplegar ambos lanzadores es la misma siendo hasta de un kilómetro el enlace entre la ECS y el lanzador a través de fibra óptica. Respecto a cambios internos, en los lanzadores se sustituye el Módulo Electrónico del Lanzador (LEM) del LS M-901 (es el centro de control para el lanzador y los misiles guiados y envía a la ECS una señal con el estado del lanzador y los misiles) por el Enhanced Launcher Electronics System (ELES) [29]. Este último es una mejora del LEM, en el cual se sustituye un PDU (distribuidor de la energía en el LEM) por una PCU (interna al ELES) para el control de las fuentes de alimentación adicionales requeridas por el misil PAC-3. Sin embargo, esta mejora en la interfaz electrónica del PATRIOT hace que solamente se puedan cargar en el lanzador M-902 16 misiles PAC-3 o cualquier combinación de cuatro misiles PAC-2 (GEM, SOJC, ATM). Esto implica que en los lanzadores M-902 no sea posible combinar misiles PAC-3 y PAC-2 simultáneamente, debido a la incapacidad del sistema (ELES) de gestionar adecuadamente distintas familias de misiles en el mismo lanzador. Esto hace que el sistema PATRIOT configuración 3 se vea claramente enfocado a portar misiles PAC-3. No obstante, para paliar esta situación el Ejército Norteamericano coloca un lanzador M-902 por cada cuatro lanzadores M-901 para tener cubiertas de forma óptima tanto la amenaza TBM como la ABT teniendo 16 misiles para cada una de las amenazas. Lógicamente el lanzador asociado a la configuración 2+ con el LEM no puede lanzar misiles PAC-3, sino solamente cualquier combinación de misiles de la familia PAC-2 [9].



Figura 9. *Diferencias entre los lanzadores [22] [23]*

4.6.- ANÁLISIS DAFO DE LA CONFIGURACION 2+ VS 3

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Configuración anticuada respecto a la configuración 3. • Serias dificultades a la hora de obtener recambios en los distintos elementos del sistema. • Dificultad a la hora de integrarse con otras estructuras de mando en el ámbito internacional • Menos efectivo contra amenaza TBM. • Material antiguo que requiere un mantenimiento exhaustivo. • La ECS y el RS de la configuración 2+ ven su desempeño afectado por portar software antiguo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Con la llegada de la configuración 3+ es posible que la configuración 2+ se quede obsoleta. • Creación de nuevos misiles balísticos más desarrollados que sólo puedan ser batidos con la familia de misiles PAC-3. • Cabe la posibilidad de que España se vea excluida de la defensa antimisil OTAN al no poder cumplir con sus compromisos internacionales. • El coste de la modernización no es una prioridad para la Dirección General de Armamento.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema capaz tanto contra amenaza TBM como contra ABT. • Menor coste unitario de los misiles PAC-2 frente a los PAC-3. • Posibilidad de montar varios tipos de misiles de la familia PAC-2 en el mismo lanzador. • Sistema adquirido a partir de los excedentes del Ejército Alemán. • Cumple su función sin necesidad de la modernización, especialmente en la defensa del territorio nacional. • La instrucción de los operadores está asociada al manejo de los sistemas configuración 2+ 	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de modernizarse a la configuración 3 mediante modificaciones de software y hardware. • Posibilidad de aprovechar el excedente de baterías de otros países para hacerse con la configuración 3.

Tabla 5. Análisis DAFO (elaboración propia)

- Debilidades

En primer lugar, cabe resaltar lo obsoleto del sistema, ya que la configuración 2+ lleva en activo desde el año 1996; es decir, 20 años en los que multitud de factores han cambiado y siguen cambiando constantemente, desde la amenaza en sí misma hasta las estructuras de defensa antimisil [24]. No obstante, tampoco la configuración 3 es muy reciente, ya que lleva desde el año 2000 operativa. De hecho, ya se está desarrollando la configuración 3+ para su despliegue en ejércitos como el norteamericano.

El hecho de poseer un sistema con una configuración que pronto quedará obsoleta (cuando vea la luz la configuración 3+), hace que las oportunidades del ET se vean lastradas en multitud de aspectos. Uno de los más claros es el aspecto logístico en lo que respecta a recambios. Debido a la antigüedad del sistema PATRIOT configuración 2+, cada vez es más difícil obtenerlos y su precio se encarece. No obstante, hoy en día se prefiere pagar el sobrecoste asociado a estos recambios antes que modernizar definitivamente el sistema, haciendo del pago del sobrecoste una solución a corto plazo. Respecto a las labores de mantenimiento tanto los elementos de una configuración como de la otra necesitan de un mantenimiento exhaustivo y similar, necesitando de revisiones constantes para su correcto funcionamiento. No obstante desde que en el 2005 entrara en servicio el PATRIOT han pasado ya once años en los cuales las labores de mantenimiento se ven entorpecidas por la escasez de recambios. Por ello un sistema con la configuración 3, aliviaría ligeramente la actual situación en la que se encuentra el sistema PATRIOT configuración 2+ en la que los recambios son escasos y hay que pedirlos al distribuidor aumentando los costes.

Otro aspecto relevante es la integración con los equipos de otros países. El sistema PATRIOT cuenta con avanzada tecnología y multitud de software cambiante. Esto unido al carácter confidencial de las comunicaciones y de los distintos protocolos de enlace que cada país utiliza, hacen que en multitud de ocasiones sea difícil integrarse en estructuras de mando y control internacionales. Buen ejemplo de esto es la dificultad que tuvo el ET durante la misión en Turquía “Active Fence” a la hora de integrar la ICC española en la estructura de alerta temprana internacional.

En cualquier caso, la principal debilidad de una configuración respecto a la otra es su menor eficacia contra la amenaza TBM. Es cierto que la configuración 2+, pese a no poder operar con misiles PAC-3, tiene capacidad de combatir amenaza TBM, aunque mermada por no tener la funcionalidad “hit to kill”. El constante desarrollo de misiles balísticos hace que el desempeño de los misiles PAC-2 y más específicamente GEM sean insuficientes contra blancos con poca RCS y altas velocidades.

Por último es necesario hacer hincapié en el software obsoleto que porta el sistema. Pese a que el ET realizó un esfuerzo considerable adquiriendo el software PDB 6.4, éste no es suficiente para hacer funcionar el sistema con la misma rapidez y eficiencia que el software PDB 8 que es usado por el Ejército Norteamericano. En este aspecto la configuración 2+ se queda también atrás, ante la incapacidad para poder portar software inherente a la configuración 3.

- Fortalezas

El primer y más importante aspecto a destacar es el carácter dual que tiene el sistema, tanto para combatir ABT como TBM. No obstante, no es la mejor opción ni para combatir TBM ni contra ABT, debido a que existen otros sistemas de defensa aérea como NASAMS capaces de combatir ABT con un coste más reducido. Esto no quita que se pueda usar un misil de la familia PAC-2 MIM-104 para derribar un ABT, a una cota a la que no llegue el sistema NASAMS. La dualidad es el aspecto al que mayor rendimiento le puede sacar el ET, ya que poseer un sistema dual abre posibilidades, tanto en la defensa de punto como en la de zona, en comparación con la configuración 3.

El siguiente punto viene relacionado con el anterior. El coste de los misiles es cada vez más elevado, dependiendo de la tecnología, la electrónica y los sistemas de navegación y control que incorporen. El coste más pronunciado de los sistemas antimisil no son los distintos elementos que conforman el sistema PATRIOT en su conjunto sino los misiles que disparan. Pese a que no son datos confirmados por ninguna fuente, se estima que el precio del misil más básico, el MIM-104 A, es de un millón de dólares; mientras que misiles más avanzados como los de la familia PAC-2 GEM, ronda los dos millones de dólares. Sin duda los que poseen los costes más elevados son los asociados a la familia PAC-3 como el MIM-104F o el MSE cuyos precios pueden rondar hasta los seis millones de dólares. Unido a esto, la mayor cantidad de misiles que se deben adquirir para completar los LS hacen que sea un desembolso difícilmente justificable para un Ministerio de Defensa cuya prioridad no es la renovación de un sistema antimisil y de defensa aérea que cumple su función hoy en día. A colación de esto cabe destacar que el modo de operar desde un principio del Ministerio de Defensa fue ahorrar costes comprando material de segunda mano, lo que podría abrir las puertas a una posible adquisición de material configuración 3 de esta misma forma si se diese la oportunidad.

Otro aspecto que es importante analizar es el periodo de recepción y adaptación a nuevos o mejorados materiales. El cambio a la configuración 3 supondría tener que recepcionar nuevo material, tanto misiles como lanzadores M-902, lo que supondría mucho tiempo y recursos para organizar la logística necesaria. Esta organización implicaría desde nuevos polvorines para almacenar los nuevos misiles hasta la reorganización de los hangares para acomodar el nuevo material. Manteniendo la configuración actual es posible evitar todo ese proceso de reestructuración, aunando esfuerzos en continuar con la instrucción de las tripulaciones y con la instrucción del personal en el sistema. Este punto es importante, ya que la forma correcta de operar un sistema como el PATRIOT conlleva de meses de preparación y años de experiencia. Focalizar esfuerzos en continuar con la instrucción en este sistema puede ser un factor a explotar, aun sabiendo que se trata de un material al borde de la obsolescencia.

Por último, remarcar el estupendo desempeño que está ofreciendo el sistema tanto en territorio nacional como en misiones en el extranjero. Está cumpliendo la función para la que fue adquirido de proveer defensa contra TBM sin descuidar el espectro de la amenaza ABT. Las dificultades a las que se enfrenta no son pocas, pero el esfuerzo conjunto tanto del personal a cargo del sistema como de los propios operadores puede hacer que la vida útil del sistema PATRIOT se alargue lo suficiente hasta que se convierta en prioridad la necesidad de un cambio a la configuración 3.

- Amenazas

En el actual marco de la defensa internacional, no adaptarse a los cambios propiciados por la constante evolución de los sistemas conlleva quedarse obsoleto. Esa es la principal amenaza del sistema PATRIOT configuración 2+. Como se ha comentado anteriormente la configuración 3 está ya ampliamente consolidada e, incluso, la configuración 3+ está en fase de desarrollo. Esta nueva configuración contará con un radar con un sector de 360º de exploración y seguimiento, así como un nuevo misil llamado Missile Segment Enhancement (MSE) el cual tendrá un tamaño intermedio entre la familia PAC-2 del misil MIM-104 y la familia PAC-3 pudiendo portar el nuevo lanzador M-903 hasta 12 misiles MSE. Por otro lado, Raytheon asegura que este misil ofrecerá un mejor rendimiento tanto frente a amenazas TBM como frente a ABT, ya que duplica el alcance y puede operar a una altura mayor que el MIM-104F.

Contar con un sistema de defensa aéreo anticuado en dos generaciones podría ser un lastre insalvable para el ejército español. Si bien es cierto que la integración de la configuración 3+ puede llevar aún unos cuantos años, la amenaza de quedarse el ET con un material tan anticuado es algo a tener en cuenta para la adquisición de nuevas mejoras o sistemas de armas por parte del Ministerio de Defensa.

En relación al punto anterior y con el desarrollo de nuevos CM's y misiles balísticos, la evolución de un misil como el MIM-104 se hace más necesaria que nunca. Este desarrollo está siendo culminado con el misil MSE, es por ello que no adaptarse a la nueva amenaza conlleva bajar el nivel de efectividad a la hora de realizar labores defensivas. En el combate contra TBM el escaso tiempo de reacción con el que se cuenta para combatir la amenaza hace que contar con los sistemas en sus versiones más desarrolladas sea una garantía para poder cumplir la misión de la mejor forma posible [25]. Por ello, contar con la configuración 2+ es no poseer lo óptimo, pudiendo esto en futuro cercano forzar al ET a tener que desarrollar el sistema para poder seguir combatiendo la amenaza de forma eficaz.

También hay que tener en cuenta la necesidad de tener un sistema en condiciones de ser útil dentro del compromiso contraído en la cumbre de Praga de 2002. Este compromiso puede peligrar si no se obtiene la configuración 3 del sistema PATRIOT. En un futuro próximo con la entrada en servicio de la configuración 3+ se podría establecer la configuración 3 como un mínimo a poseer por los países aliados a la hora de contribuir en la defensa antimisil, viéndose España excluida con la configuración 2+ que es la que actualmente posee. En este punto, no se puede olvidar el reciente giro en la política exterior norteamericana de exigir a sus socios de la OTAN un mayor gasto en defensa [26] que sería difícil de conseguir si España empieza a quedarse fuera de los despliegues internacionales de la Alianza.

Por último resaltar que dentro del Ministerio de Defensa la Dirección General de Armamento y Material tiene multitud de proyectos en los cuales se vuelca a destinar los fondos disponibles. No solo el ET tiene necesidades de renovar su armamento, sino que la Armada y el Ejército del Aire también tienen materiales que deben ser actualizados y adquiridos. Por ejemplo, dentro del ET programas como el PIZARRO, el SPYKE y el VCR 8X8 tienen prioridad sobre otros sistemas de armas como el PATRIOT.

- Oportunidades

La más importante y principal oportunidad que puede aprovechar el sistema PATRIOT configuración 2+ es emplear los equipos que posee actualmente modificando el software y ligeramente el hardware de sus componentes con el objetivo de adquirir las capacidades que tiene el sistema en la configuración 3. Si bien es cierto que la mejora del sistema pasa por adquirir tanto hardware como software, también cabe la posibilidad de adquirir material excedente de otros países. Esto conllevaría un descenso del coste total. Recordando que España compró sus baterías a Alemania, cabría la posibilidad de comprar más baterías, ya con la configuración 3, a un precio más asequible. Además, la instrucción de los operadores en las labores de mantenimiento y manejo de los equipos en la configuración 3 podría encomendarse a personal del ejército alemán, como ya se hizo en su día con la configuración 2+.

5.- CONCLUSIÓN

La capacidad de defensa antiaérea que posee el ET está cubierta con los distintos sistemas de armas que posee como NASAMS, HAWK y MISTRAL para hacer frente a la amenaza ABT. Sin embargo, la defensa contra la amenaza TBM puede no estar al mismo nivel que la de nuestros aliados en un futuro próximo con el sistema PATRIOT configuración 2+. Es cierto que las necesidades de defensa TBM en territorio nacional pueden ser atendidas satisfactoriamente en las misiones de defensa de punto o zona; pero, lo que actualmente no es una necesidad urgente de renovación, puede que se convierta en un corto periodo de tiempo en una acción obligada para las tres baterías con las que cuenta el ET en la actualidad. Este problema será más acuciante cuando entre en servicio la configuración 3+ del sistema PATRIOT.

La falta de repuestos, el mantenimiento excesivo de equipos tecnológicamente antiguos, la enorme deuda adquirida en los últimos años por el Ministerio de Defensa, (21000 millones de euros) [27] y el peor desempeño contra amenaza TBM son solo algunos de los problemas ante los cuales se enfrenta el sistema PATRIOT en su configuración 2+. No obstante, para las necesidades de defensa del territorio nacional y para aportar defensa aérea española en el marco internacional con un coste contenido, como se está haciendo en Turquía, el sistema cumple con garantías. Es por ello que tras el estudio comparativo que se ha realizado del sistema se puede decir que es más probable que cuando entre en servicio la configuración 3+ del sistema PATRIOT, España se vea forzada a modificar su configuración 2+, para no verse apartada dentro del marco internacional de la defensa antimisil y de los compromisos adquiridos con sus aliados de la OTAN.

El escenario de posibilidades al que se enfrenta el ET a la hora de renovar el sistema PATRIOT es inmenso. Este pasa desde adquirir una batería PATRIOT configuración 3 de segunda mano, hasta hacerse con la configuración 3+ del mismo o adquirir la licencia para desarrollar un PDB superior al 6.5 compatible con los equipos configuración 2+. No obstante tras el estudio llevado a cabo en el trabajo y analizando todos los apartados anteriores desde

un punto de vista realista, la solución que se propone pasa por modernizar el hardware y software a la configuración 3 así como la compra de lanzadores M-901 y misiles NIM-104 F con capacidad hit to kill. No obstante, esto tendría que venir acompañado con la garantía del fabricante de dar soporte tanto en la adquisición de repuestos como al software por lo menos durante veinte años. Eso sería necesario para explotar al máximo el sistema, así como no caer en errores pasados a la hora de adquirir sistemas antiguos.

Este estudio ha intentado mostrar de forma clara el material de que dispone el ET en la lucha contra ABT y TBM y plasmar de forma concisa las ventajas que se pueden explotar de la configuración 2+, destacando su dualidad. Por otro lado, hay que tener en cuenta las restricciones presupuestarias y tener una idea clara de que el PATRIOT no es el único sistema de armas que necesita de renovación en el ejército. Es por ello que se puede concluir que la renovación del sistema debería estar dentro del plan de acción del Ministerio de Defensa en un corto periodo de tiempo si el ET quiere aportar capacidad antimisil similar a la de sus socios OTAN.

Por último, tras haber analizado los puntos fuertes y débiles del sistema PATRIOT, se hace necesario proponer proyectos futuros que puedan ayudar a la mejora de la batería PATRIOT. Una comparativa entre la configuración 3 y la 3+ podría ser interesante cuando se adquiriera la configuración 3. También un estudio sobre la prevención de riesgos en la batería PATRIOT, analizando y proponiendo medidas de seguridad adicionales para el personal, un estudio sobre las líneas de desarrollo de los misiles balísticos desde un punto de vista internacional o un estudio sobre las amenaza aéreas potenciales en la zona del Magreb, podrían ser temas de estudios relevantes y útiles a la hora de continuar desarrollando el sistema de defensa aérea español.

6- BIBLIOGRAFÍA

Libros científicos e históricos:

- Guiado y Control de Misiles, Ministerio de Defensa, Francisco Cucharero Pérez, 1995.
- Fundamentos de Balística, Ministerio de Defensa, Agustín E. González Morales, 2004.
- Modern exterior ballistics, Schiffer Military History, Robert L. McCoy, 2001,
- Mecánica clásica, Ed. Urmo, Kibble (1987)

Libros históricos:

- La Guerra Fría. Una breve introducción, Alianza Editorial, Robert J McMahon, 2009.
 - Disarming Hitler's V Weapons, Pen & Sword Military, Chris Ransted, 2013
-
- [1]: La contribución del ET a la defensa antimisil, Documento Marco, Joaquín Broch Hueso, 30 julio de 2012.
 - [2]: Disarming Hitler's V Weapons, Pen & Sword Military, Chris Ransted, 2013.
 - [3]: La Guerra Fría, Una breve introducción, Alianza Editorial, Robert J McMahon, 2009.
 - [4]: III Curso Mando Táctico PATRIOT, Septiembre de 2009.
 - [5] La iniciativa norteamericana de misiles y su repercusión en la seguridad internacional, Ministerio de Defensa Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional, 24 de Febrero de 2009.
 - [6]: Empleo de la artillería antiaérea (Tomo I), PD4-315, Marzo 2011.
 - [7]: Memorial de Artillería Año 163 N.1. Julio de 2007.
 - [8]: Curso suboficial operador PATRIOT, 2014.
 - [9]: PATRIOT Battalion and Battery Operations, FM 3-01.85 (FM 44-85) Mayo de 2002.
 - [10]: Guiado y Control de Misiles, Ministerio de Defensa, Francisco Cucharero Pérez, 1995
 - [11]: <http://www.infodefensa.com/es/2015/07/10/noticia-espana-recibe-bateria-misiles-patriot-adquirida-alemania.html> (visitada por última vez el 30/10/2016).
 - [12]: Federal Standard 1037C, titulado Telecomunicaciones: Glosario de Términos de Telecomunicaciones.
 - [13]: Página web: <https://es.pinterest.com/pin/411586853415440122/>
 - [14]: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Patriot_PAC3_JASDF_20080518.jpg
 - [15]: http://data3.primeportal.net/artillery/ulrich_wrede/patriot_launcher/images/patriot_launcher_27_of_47.jpg
 - [16]: Apuntes de asignatura Calidad durante el curso 2014-2015.
 - [17]: <http://www.military-today.com/missiles/thaad.htm>
 - [18]: https://es.wikipedia.org/wiki/Tubo_de_onda_progresiva
 - [19]: <http://www.defensa.gob.es/Galerias/presupuestos/presupuesto-defensa-2015.pdf>
 - [20]: <https://www.defenseindustrydaily.com/2007-updates-keeping-patriots-in-shape-02968/>
 - [21]: http://simhq.com/forum/ubbthreads.php/topics/4091613/3/MIM-104_Patriot
 - [22]: https://en.wikipedia.org/wiki/MIM-104_Patriot
 - [23]: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Patriot_PAC3_JASDF_20080518.jpg
 - [24]: España y la defensa contra misiles balísticos: un escenario de oportunidad para una potencia media, DIEEM M04, mayo de 2011.

- [25]: Jornadas pre ICC, Junio de 2015.
- [26]: <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2017/02/07/readout-presidents-call-prime-minister-mariano-rajoy-spain>.
- [27]: http://www.eldiario.es/politica/proximo-Gobierno-heredara-millones-armamento_0_461254886.html.
- [28]: Transparencias de Sistemas de radar, Centro Universitario de la Defensa Academia General Militar, curso 2015-16.
- [29]: Public Release PAC-3 CRI and MSE Overview (Material interno de la batería)
- [30]: http://www.gestiondecalidadtotal.com/casa_de_la_calidad.html
- [31]: Mecánica clásica, Ed. Urmo, Kibble (1987).
- [32]: Contribución española a la BMD. El papel de España en la BDM tras la reorientación estratégica de EEUU, Jesús Abraham Fernández, 11 de enero de 2016

*Enlaces webs comprobados a 14/03/17

ANEXO A: COMUNICACIONES EN LA BATERÍA PATRIOT [4]

Cada Grupo PATRIOT puede enlazar con hasta 5 grupos adyacentes, y escalones superiores tipo cuarteles generales. Además, puede enlazar con estructuras externas de mando y control (a través de los sistemas JTIDS) con el propósito de recibir información operacional de todas las trazas del Sistema de Defensa Aéreo (SDA), tales como un CRC o un AWACS.

Cuando enlazan varias ICC de grupos adyacentes, una de ellas puede trabajar como ICC maestra, asumiendo el mando y control del resto y coordinando los empeños de las mismas. La gran versatilidad de la ICC viene dada en gran parte por sus múltiples protocolos de enlace que le permiten controlar diferentes sistemas de armas y recibir información de diversas fuentes. Los principales enlaces que puede soportar la ICC son los que se nombra a continuación:

- LINK 11B: Para integración en el SDA (a través del CRC).
- LINK 16: Para enlace con AWACS y el Sistema THAAD (capa alta ATBM). Toda la información de alerta temprana Antimisil le llega al Sistema Patriot a través de este enlace. Es vital si se quiere tener capacidad antimisil.
- ATDL-1: Para integración con el sistema HAWK.
- PADIL: Para integración de las Baterías PATRIOT y otras ICC de Grupos adyacentes.

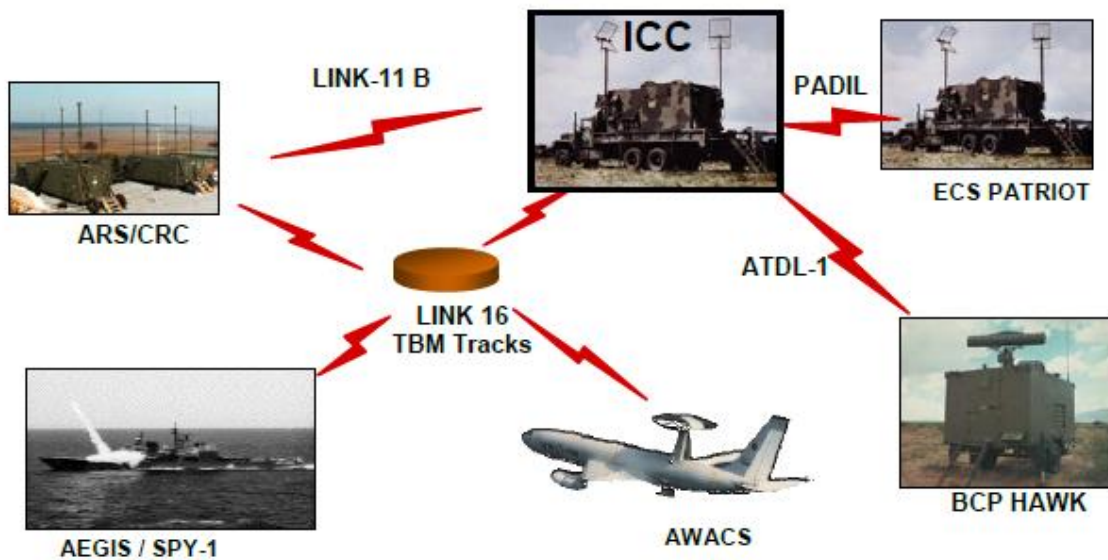


Figura 10. Protocolos de comunicación en la batalla aérea [4]

ANEXO B: BANDAS DE FRECUENCIA [28]

Banda Radar	Frecuencias	Uso
HF	3 – 30 MHz	Vigilancia OTH
VHF	30 – 300 MHz	Vigilancia a muy largo alcance
UHF	300 – 1000 MHz	Vigilancia a muy largo alcance
L	1 – 2 GHz (15-30 cm)	Vigilancia a muy largo alcance Control de tráfico aéreo (ruta)
S	2 – 4 GHz (8-15 cm)	Vigilancia a medio alcance Control de tráfico Meteorología a largo alcance
C	4 – 8 GHz (4-8 cm)	Seguimiento a largo alcance Meteorología (a bordo de aviones)
X	8 – 12 GHz (2,5-4 cm)	Seguimiento a corto alcance Guiado de misiles Mapas Radares marinos
Ku	12 – 18 GHz	Mapas de alta resolución Altimetría en satélites
K	18 – 27 GHz (1,7-2,5 cm)	Poco uso (absorción del vapor de agua)
Ka	27 – 40 GHz (0,75-40cm)	Mapas de muy alta resolución Vigilancia de aeropuertos
mm	40 – 300 GHz	Experimental

Tabla 6. Bandas de frecuencia según el uso y la frecuencia [28]

ANEXO C: TIPOS DE GUIADO [10]

La clasificación de los tipos de guías adoptada por recientes publicaciones reglamentarias del ET tiene procedencia francesa, y separa la trayectoria del lugar donde se obtienen / generan los datos y / o las órdenes. Divide a los sistemas de guía en tres grandes grupos:

- Teleguía: Elaboración de órdenes fuera del misil.
- Autoguía: Elaboración de órdenes en el propio misil.
- Mixto: Combinación de las dos anteriores.

Teleguía

En este tipo de guía la elaboración de las órdenes se realiza fuera del misil, normalmente en tierra. En función de que el sistema de referencia empleado se encuentre ligado a los elementos de tierra o al propio misil, la teleguía se puede dividir en dos grupos:

- Teleguía directa: El sistema detector de la posición misil-blanco es externo
- Teleguía indirecta: El sistema detector de la posición misil-blanco es interno

Teleguía directa

Atendiendo al automatismo con que se realizan las funciones de detección y localización del objetivo, localización del misil, determinación de la posición relativa misil-objetivo, cálculo y transmisión de órdenes al misil, este sistema de guía se puede dividir en:

- Manual.
- Semiautomática.
- Automática.

Teleguía directa manual

En este tipo de guía el operador realiza todas las funciones expuestas anteriormente. Este sistema solo es útil para objetivos fijos o de poca velocidad y para misiles de poca velocidad. Como modelo de este procedimiento, tenemos a los misiles contracarro de la primera generación

Teleguía directa semiautomática

El operador realiza normalmente la función de detección y seguimiento del objetivo, siendo automáticos el seguimiento del misil, determinación de la posición relativa misil-objetivo, y la elaboración de órdenes de guía del misil. En este grupo se encuentran algunos misiles antiaéreos modernos de corto alcance (ROLAND I, RAPIER I).

Teleguía directa automática

La totalidad de las funciones se realizan automáticamente sin la intervención del operador. Sin embargo, en una teleguía automática, el sistema normalmente permite que en

determinadas circunstancias, algunas de las funciones se puedan realizar manualmente. En este subgrupo se encuentran los misiles de medio y gran alcance.

Teleguía indirecta

En este sistema, la localización del objetivo se realiza en el propio misil, pero la explotación de dicha información, así como el resto de las funciones, se efectúa fuera del misil, como en los casos anteriores. Este tipo de guía es utilizada en modernos sistemas como continuación de una fase inicial de teleguía directa, para asegurar mayor precisión en las proximidades del objetivo

Autoguiado

En este sistema las órdenes de guía se elaboran en el propio misil, recibiendo el nombre de autodirector el conjunto de elementos del misil encargados de las funciones de guía.

Dependiendo de que el sistema de referencia esté ligado al objetivo o que se utilice un sistema de referencia auxiliar, normalmente ligado a tierra, podemos establecer dos clasificaciones:

- Autoguía directa.
- Autoguía indirecta.

Autoguía directa

La medida de la posición relativa misil-objetivo, y la elaboración de órdenes de guía, se realizan en el propio misil. Los sensores alojados en el misil son de las características adecuadas al tipo de energía que tienen que localizar (electromagnética, infrarroja, ultravioleta, etc.). Según la situación del elemento productor de energía, la autoguía se divide normalmente en tres grupos:

- Activa.
- Semiactiva.
- Pasiva.

Autoguía directa activa

El misil genera la energía necesaria para iluminar al objetivo, detectándola y generando las órdenes de guía. Este sistema requiere un misil de proporciones y peso adecuados al equipo electrónico que transporta. Al ser el misil un elemento activo, tiene el gran inconveniente de ser sensible a las contramedidas electrónicas.

Autoguía directa semiactiva

En este sistema, la energía necesaria para iluminar al objetivo se genera fuera del misil. En consecuencia, la localización y seguimiento del objetivo, además de realizarse en el propio misil, debe también realizarse fuera del mismo. El misil detecta la energía reflejada en el

objetivo, y por medio del autodirector, genera las órdenes para seguir al objetivo hasta el momento del impacto.

Como en el caso de autoguía directa activa, el objetivo tiene que estar siendo iluminado constantemente, con lo cual se favorece a las contramedidas electrónicas enemigas. Para paliar en parte este problema, los elementos iluminadores suelen ser radares de onda continua o emisores láser, los cuales son más difíciles de interferir. También suelen utilizar seguidores pasivo durante parte del seguimiento del objetivo, radiando en el momento del lanzamiento con lo cual el tiempo expuesto a la contramedida es mínimo (tiempo de vuelo del misil).

Autoguía directa pasiva

En este caso, el sistema de guiado del misil se engancha en la energía que de forma natural emite el objetivo (energía radioeléctrica emitida por el propio objetivo o la firma infrarroja o ultravioleta o visible) para conocer su posición y elaborar las órdenes de guía, no existiendo por tanto iluminador interior ni exterior. Ejemplos de autoguía directa pasiva son la guía infrarroja y el misil antirradiación.

Autoguía indirecta

Procedimiento en el que la elaboración de las órdenes de guía se realiza a bordo del misil, pero otras funciones necesarias se realizan fuera del misil. La diferencia fundamental con la autoguía directa consiste en la utilización de un sistema de referencia auxiliar independiente del misil y del objetivo.

Mixto o Track via missile

Es una mezcla entre el teleguiado y el autoguiado, el seguimiento se hace a través del misil y las órdenes pueden generarse en el propio misil o a distancia. Es el sistema de guía del futuro para misiles tierra-aire de medio y largo alcance.

ANEXO D: ORGÁNICA DE LA BATERÍA PATRIOT

Como cualquier unidad antiaérea, una batería PATRIOT está compuesta por diferentes secciones que funcionan integradas para desempeñar las misiones encomendadas dentro de la gestión de la batalla aérea. La unidad mínima de empleo es el grupo y la de fuego es la batería. Un grupo se compone de tres baterías, las cuales están formadas por una sección de plana, una sección de mantenimiento, una sección de lanzadores y una sección de mando y control, la cual integra los distintos elementos de control y adquisición de objetivos

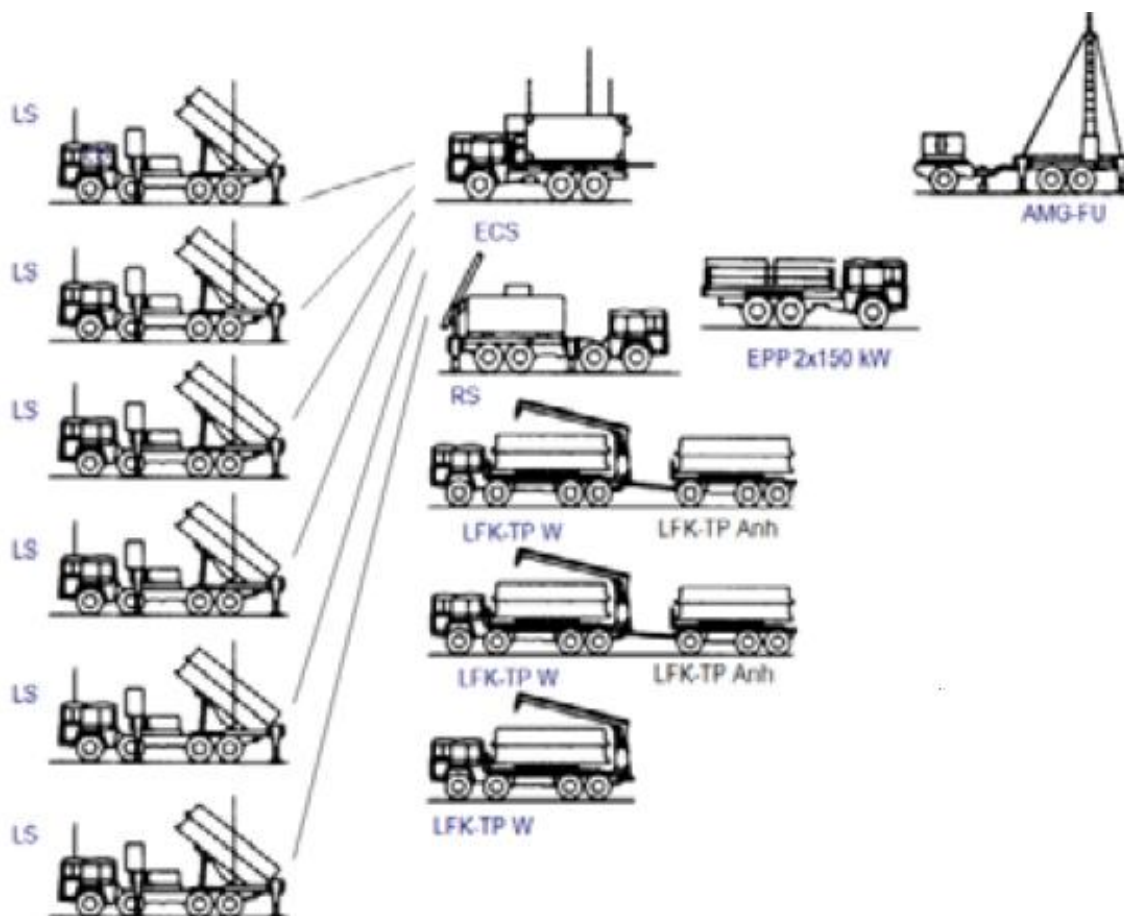


Figura 11. Material en la Batería PATRIOT (elaboración propia)

ANEXO E: TIPOS DE MISILES NIM-104 [8]

1- Misil STANDARD: El misil MIM-104 fue el primero desarrollado para el sistema PATRIOT. Su espoleta era analógica. Esta fue sustituida por una digital de mayor precisión dando paso al MIM-104A. Ambos son efectivos contra amenazas ABTs y algunos tipos de TBMs. El tamaño de la fragmentación de su cabeza de guerra es su factor limitante contra estas últimas amenazas.

2- Misil SOJC: indicado para amenazas ECM's a gran distancia. El MIM-104B tiene modificada su guía y navegador para mantener una trayectoria elevada sobre la zona perturbada y buscar el emisor más potente en su fase de vuelo terminal. Este tipo de misil puede volar cinco veces más que el STANDARD sin la conexión uplink/downlink entre el RS y el misil.

3- Capacidad Antimisil Táctico 2 (ATM): El misil tipo MIM-104C se utiliza en amenazas tipo TBM avanzado. Su cabeza de guerra está mejorada, teniendo mayor poder de destrucción y fragmentación, colocando suficiente energía cinética sobre la cabeza de guerra del misil TBM enemigo como para neutralizarla. El doble modo de su espoleta le permite combatir ABT's y TBM's con eficacia, ya que cuenta con dos anchos de banda de detección, uno de haz ancho para la amenaza anti aeronave y otro estrecho para mejorar el rendimiento contra TBM. El software del sistema, basándose en la misión, selecciona el modo de espoleta adecuado.

ANEXO F: COMPONENTES DE UN MISIL [4]

A continuación se va a realizar un pequeño desglose de los diferentes componentes y subsistemas con los que cuenta un misil de la familia MIM-104:

El GM (Guided Missile) consiste en un misil PATRIOT instalado dentro de un empaque

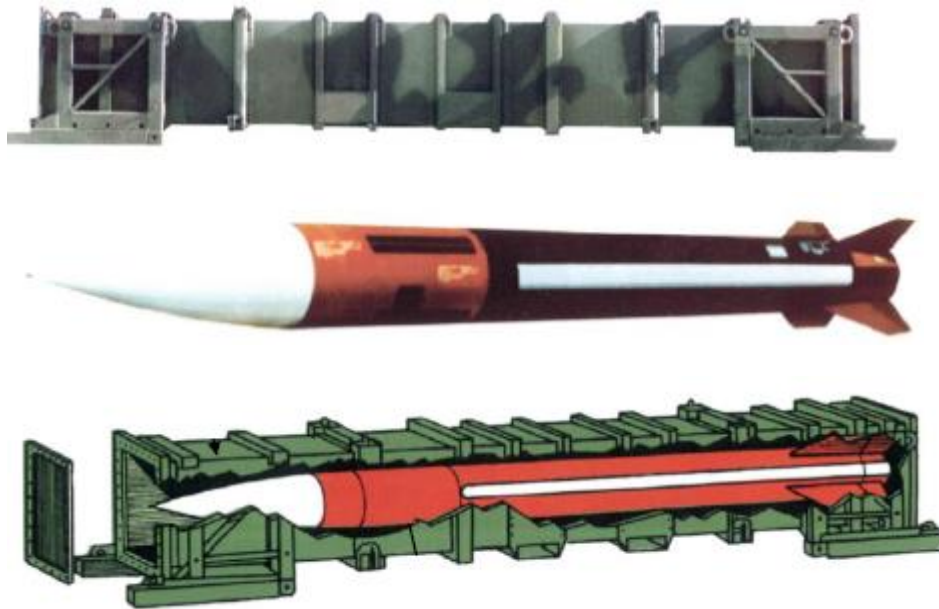


Figura 12. Estructura del misil MIM-104 [4]

El misil queda dividido en tres elementos básicos, el fuselaje, la envoltura y los subsistemas funcionales:

- **Fuselaje**

Es el elemento estructural principal del misil. Su función es acoplar y sostener todos los componentes del mismo. El misil PATRIOT no dispone de un elemento físico específico dedicado a esta función sino que es una labor realizada por la solidez de la unión de cada subsistema con los subsistemas anexos y por la solidez de estos.

- **Envoltura**

Es la capa exterior que envuelve los componentes internos del misil. Su función es proporcionar protección frente a los factores medioambientales y al uso. También cuenta con una superficie aerodinámica, que a su vez se compone del radomo y de un escudo térmico que rodea al motor-cohete.

- **Subsistemas**

Son los grupos funcionales encargados de realizar las correspondientes tareas necesarias para trasladar con éxito la cabeza de guerra, desde el lanzador, hasta las cercanías de su objetivo y cumplir su misión.

Como en todo misil se distinguen 3 partes principales, encargada cada una de ellas de llevar a cabo una de las tareas básicas para que el misil pueda llevar a cabo su cometido. Estas partes se denominan subsistemas.

Los subsistemas son:

1. Propulsión:

Ocupa la parte media del cuerpo del misil, denominada sección de propulsión. Es el elemento productor del movimiento que traslada al misil. Se compone del motor cohete y del escudo térmico exterior

2. Guía y Control:

Es el elemento que se ocupa de que el misil recorra la trayectoria adecuada hasta alcanzar su objetivo. Su elemento más importante es el seeker, el cual es un sensor electromagnético monopulso en banda C que recibe, durante la fase terminal de la trayectoria, la señal del radar reflejada en el blanco o la señal de perturbación emitida por este, según el tipo de guiado que tenga el misil.

3. Armamento:

Constituye el grupo de elementos requeridos por el misil para cumplir su misión al final de la trayectoria de vuelo. El elemento más relevante es la carga útil destinada cuya misión es destruir el blanco. Consiste en un alto explosivo cuya onda expansiva se proyecta sobre el objetivo. El explosivo utilizado por el MIM-104 PAC-2 es 33,7 kg de 75/25 Octol. Rodeando a este explosivo se disponen 2 capas de bolas de acero que son aceleradas por la detonación del explosivo. Constituyen el efecto principal de la cabeza de guerra al incrementar la energía cinética que se proyecta sobre el objetivo. El grupo de misiles MIM-104 PAC-2 porta 700 bolas de acero de 45 gramos. La cabeza de guerra puede detonar por tres motivos, por proximidad al objetivo, por orden remota que procede de la ECS o por autodestrucción, si sobrepasa tiempo máximo de vuelo establecido en tres minutos y medio.

Otros elementos de especial relevancia para la comprensión del misil y detallados en la figura son:

- **Paquete de Guía Intermedia**

Realiza las tareas de guía requeridas desde el lanzamiento hasta que se inicia la fase terminal de la trayectoria. Aunque esté separado físicamente del paquete de guía terminal, trabajan funcionalmente en conjunto.

- **Paquete de Guía Terminal**

Realiza las funciones de guía durante la fase terminal de la trayectoria, incluyendo las tareas aplicables de la función TVM. Aunque esté separado físicamente del Paquete de Guía Intermedia, trabajan funcionalmente en conjunto.

- **ISA: Inertial Sensor Assembly (Conjunto de sensores inerciales).**

Percibe los cambios de posición del cuerpo del misil durante el vuelo y proporciona los datos obtenidos por los giróscopos, acelerómetros y termistores a la electrónica con el fin de modificar la postura de vuelo del misil para corregir o confirmar la trayectoria.

- **MBC: Missile Borne Computer (Computadora a bordo del misil).**

Aplica los algoritmos de autopiloto y guía y proporciona las órdenes de dirección de acuerdo a un programa residente. A partir del MIM-104B tiene capacidad de autoguíaado directo pasivo y desde el MIM-104D dispone del autoguíaado directo semiautomático.

- **TDD: Target Detecting Device (Dispositivo de detección del blanco).**

Al igual que el seeker, al estar más cerca del blanco que el radar, es más preciso y rápido para determinar la posición del blanco, necesaria para detonar la carga explosiva a la distancia predeterminada. Consiste en un radar “Phase array” sintonizado en banda S.

- **Safety and Arming Device (Dispositivo de Seguridad y Armado).**

Dispositivo electromecánico que controla el explosivo. Mantiene el tren explosivo en una condición de seguridad (no alineado) hasta que determinados requisitos de aceleración son satisfechos después del despegue desde el canister. Por lo tanto, tiene una función principal dual: evita el armado accidental de la cabeza de guerra y alinea sus elementos para detonación en el momento preciso.

- **PAFU : Propulsion Arming and Firing Unit (Armado de propulsión y Unidad de fuego).**

Controla que el tren de propulsión adopte las condiciones de disparo en cada momento adecuado) e inicia el lanzamiento del misil (Unidad de fuego). La unidad de fuego consiste básicamente en un iniciador pirotécnico electroexplosivo. Un equipo de prueba incorporado en el misil comprueba la secuencia de armado y fuego impidiendo el encendido del motor cohete si detecta un mal funcionamiento.

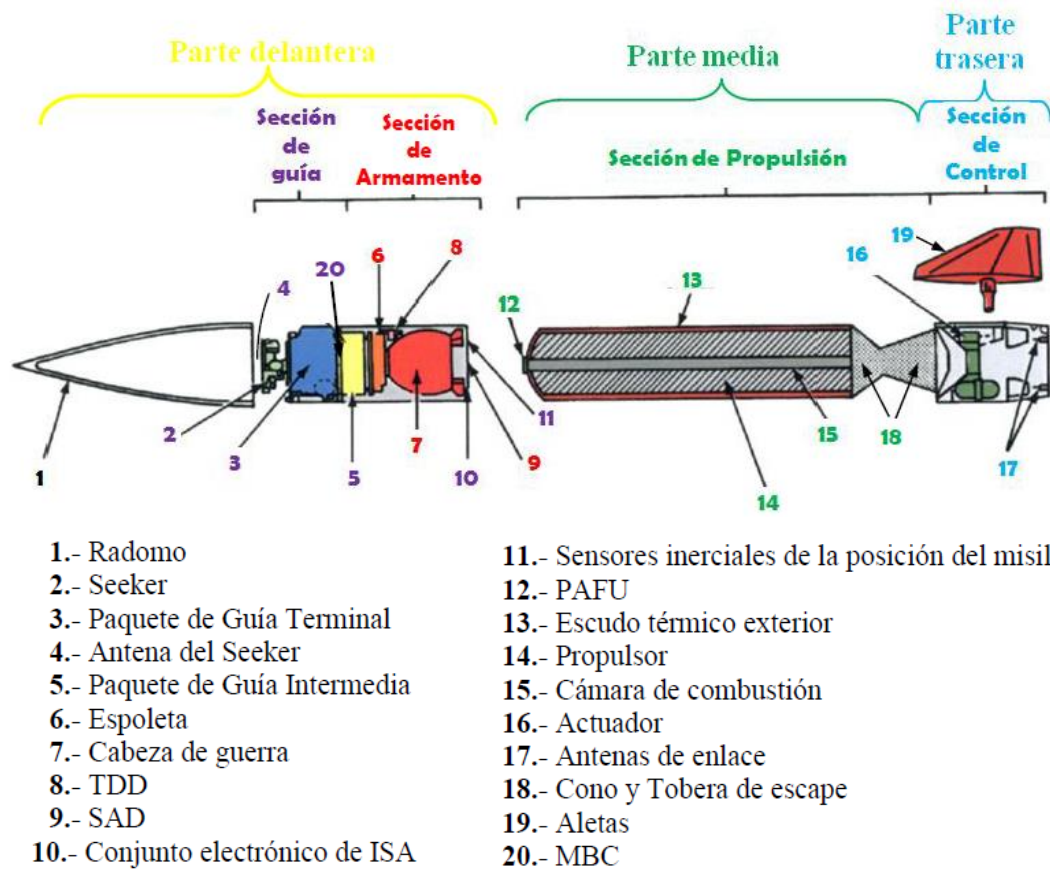


Figura 13. Componentes del misil MIM-104 [8]

ANEXO G: EVOLUCIÓN DEL SISTEMA PATRIOT [8]

Pese a que los primeros sistemas PATRIOT fueron creados en 1976, han seguido evolucionando de forma constante desde entonces, lo que explica el que actualmente siga en servicio en numerosos países bajo distintas configuraciones y PAC's (Mejora de las capacidades del PATRIOT).

Ha habido tres grandes fases de mejora del sistema PATRIOT a lo largo de cuarenta años desde la producción de los primeros sistemas, conocidas como con PAC-1 PAC-2 y PAC-3.

El PAC-1 fue una mejora de software que permitió al sistema ser más eficaz a la hora de combatir los TBM's. Estuvo operativa en los sistemas en el año 1988. Sin embargo, surgieron nuevas necesidades en el año 1990 durante la invasión de Irak en Kuwait. La alta velocidad de los misiles SCUD-B lanzados por el ejército iraquí resaltaron la necesidad de aplicar mejoras tanto en el radar y en el lanzador como en el misil, con el objetivo de mejorar el porcentaje de interceptación de misiles enemigos. Así pues nació el PAC-2. Cabe destacar la mejora que trajo este PAC en la fragmentación de la cabeza de guerra del misil PATRIOT así como el incremento de velocidad y la posibilidad de batir objetivos SOJ. También se mejoró la guía del misil, proveyéndola de mayor efectividad contra objetivos de poca sección radar y altas velocidades. En cuanto al radar, se le añadió un receptor de baja señal, el cual hacía que sus capacidades de detección se vieran notablemente incrementadas. También se produjeron mejoras en los lanzadores, haciendo que estos pudieran ser desplegados, en modo remoto, hasta un máximo de 10 Kilómetros.

Hacia el año 1995 empezaría a desarrollarse el PAC-3 en su configuración 1. Posteriormente y con el paso de los años, el PAC-3 iría evolucionando a través de nuevas configuraciones. La primera configuración destacó por incluir mejoras en la detección y seguimiento de las trazas a través de un renovado procesador en el radar. También se mejoró el software y hardware de la ECS, proporcionando datos del objetivo con mayor rapidez y empleando menos recursos. El misil también fue renovado, incorporando un seeker más sensible a la potencia residual emitida por el blanco.

En el año 1996 surgió la configuración 2 al mejorar el software interno de la ECS Post Deployment Build (PDB) que incrementó la detección y el empeño contra misiles anti-radiación. Cabe remarcar que la configuración más avanzada que actualmente tiene el ET es la 2+ ya que el software con el que cuenta es el PDB 6.5 creado en el 2008 [4]. En el año 2000, se empezó a utilizar la configuración 3 del PAC-3 caracterizada no sólo por su capacidad "hit to kill"(explicado en la sección 4.5), sino también por mejoras en la capacidad de búsqueda, detección e identificación del radar y en el software PDB. Las mejoras posteriores se han centrado en el propio misil y en el software y hardware de la ECS. Actualmente se está desarrollando y probando el misil Missile Segment Enhancement (MSE) que aumentaría el alcance del misil a casi el doble de distancia y su cota máxima en un tercio, con respecto al misil PAC-3 "Hit to kill" [29].

ANEXO H: ENTREVISTA

Entrevista realizada a personal de distintas escalas del RAAA 81 para captar requisitos demandados en el sistema PATRIOT y sus posteriores ponderaciones.

La entrevista consta de una serie de preguntas abiertas relacionadas con el puesto de trabajo que desempeña cada uno de los miembros de una batería PATRIOT para el funcionamiento del sistema. Las preguntas de detallan a continuación.

1. ¿Qué mejoras técnicas implementaría para que el sistema PATRIOT fuera más efectivo?
2. Diga una característica que para usted sería fundamental en un futuro sistema antimisil
3. ¿Qué requisitos le pediría al material con el que opera? (Puede poseerlos o no)
4. ¿A cuáles de estos requisitos le daría usted mayor importancia y a cuales menos? Ordénelos siendo 1 el mínimo y 5 el máximo
5. Valore ahora esos requisitos en el Sistema PATRIOT
6. ¿Qué nuevas características propondría para mejorar el sistema PATRIOT configuración 2+?
7. ¿Qué necesidades identifica que se podrían satisfacer de un mejor modo en su puesto operativo?
8. Una vez identificados los QUÉ's y los CÓMO's se les preguntó sobre la relación entre ellos valorándolos del con las puntuaciones de 0,1,3,6 y 9 en orden creciente de relación.
9. Si pudiera mejorar algún requerimiento del sistema PATRIOT, en qué medida lo haría. (Nada=1 poco=2 algo=3 bastante=4 o mucho=5)

ANEXO I: CASA DE LA CALIDAD [30]

La Función de Despliegue de la Calidad (Quality Function Deployment - QFD) o comúnmente conocida como Casa de la Calidad es una representación gráfica para el diseño para la Calidad que busca focalizar el diseño de los productos y servicios y cómo éstos se alinean con las necesidades de los clientes.

La Casa de la Calidad permite la documentación formal del proceso lógico a través de la superposición de matrices donde se traducen las necesidades de los clientes en características específicas de productos o servicios. Esta herramienta permite entre otras cosas entender mejor las prioridades de los clientes y buscar cómo responder de forma innovadora a dichas necesidades.

La estructura matricial de la Casa de la Calidad o Función de Despliegue de la Calidad es la siguiente:

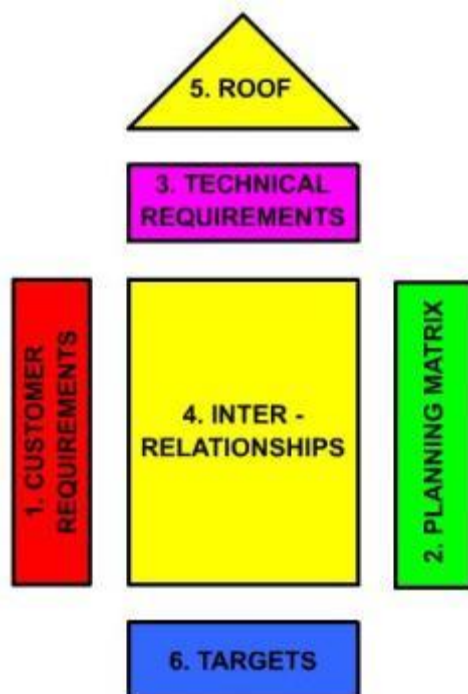


Figura 14. Casa de la Calidad [30]

1. Requerimientos de los Clientes: Esta es generalmente la primera parte de la matriz a completar dado que es la más importante. Debe considerar la lista de los requerimientos del cliente sobre el producto o servicio en sus propias palabras. También se deben priorizar dichos requerimientos de modo que se pueda identificar cómo percibe el cliente la importancia relativa de cada uno.

2. Evaluación Competitiva: Muestra una comparación competitiva (benchmark) de la empresa frente a los competidores relevantes en los atributos considerados más importantes por los clientes en la calidad del producto.

3. Características Técnicas: Esta sección de la Casa de la Calidad se refiere a las características técnicas o de ingeniería del producto o servicio que la empresa ha detectado que contribuyen de alguna forma en satisfacer las necesidades de los clientes.

4. Relaciones: Esta sección es vital en la estructura de la Casa de la Calidad dado que relaciona cuantitativamente las necesidades de los clientes con las características de la calidad. Es importante identificar qué características técnicas contribuyen a satisfacer una determinada necesidad y en qué magnitud sucede esto. Se utilizan notaciones gráficas que muestran relaciones "Fuertes", "Medias" o "Bajas".

5. Correlaciones: Se identifican las correlaciones existentes entre las características técnicas.

6. Objetivos: Muestra los valores metas a alcanzar en cada característica técnica y adicionalmente incorpora un benchmark entre la empresa y los competidos relevantes

ANEXO J: MISIONES DE LAS UNIDADES DE DAA [6]

Protección de fuerza

Cometido orientado a proporcionar seguridad a una fuerza contra las acciones de los medios aéreos del enemigo, con el que trata de mantener su capacidad de combate, preservando al personal, armamento, material e instalaciones de los efectos de estas acciones aéreas.

Este tipo de cometido es el más complejo de realizar, por la dinámica propia de las operaciones y la necesidad de integrar y sincronizar la DAA con el resto de las funciones de combate. Podrá incluir, además, formas de actuación propias de la defensa de punto o de la defensa de zona.

Defensa de zona

Cometido orientado a proteger un área o zona de terreno, en la que no se establecen prioridades para la defensa de elementos específicos incluidos en ella, sino que se defiende como un todo.

Con la defensa de zona se pretende, fundamentalmente, impedir que el enemigo lleve a cabo operaciones aéreas de cualquier tipo, en un área o zona determinada. Con ello se contribuye a completar el dispositivo de defensa aérea conjunto, complementando las capacidades proporcionadas por los otros medios de la AD.

Defensa de punto

Cometido orientado a proteger un elemento o instalación vital, comprometiéndose específicamente con él, con la idea de evitar que sea destruido o dañado por acciones aéreas del enemigo.

Será necesario coordinar con el jefe del elemento o instalación protegida para determinar las prioridades, puntos más importantes o vulnerables, etc., y coordinar su defensa con las actividades habituales del elemento defendido.

Aunque los sistemas de armas que llevan a cabo una defensa de punto pueden proporcionar cobertura a una amplia zona geográfica, no se emplea el término “defensa de zona” cuando los elementos incluidos en ella reciben prioridad.

Casos particulares

El cumplimiento de estas acciones fundamentales está asociado a la defensa o protección antiaérea de todo tipo de objetivos, contra todo el espectro de la amenaza y en las más diversas situaciones tácticas.

Sin embargo, en determinadas situaciones, la naturaleza de la amenaza a combatir, las características técnicas y operativas de los sistemas más adecuados para enfrentarse a estas amenazas, las necesidades específicas de integración y de mando y control que se producen o las particularidades de los despliegues, condicionarán el modo en que se desarrollan estos

cometidos, dando lugar a ciertos casos particulares. Entre ellos, se pueden señalar los siguientes:

— Defensa contra misiles balísticos de teatro (TBMD): se llevará a cabo con sistemas de DAA con capacidad antimisil (defensa activa). Normalmente, estará asociada a un cometido de protección de fuerzas o de defensa de punto. Las unidades se configuran y despliegan orientadas al cumplimiento específico de esta misión; sin embargo, dependiendo de las características del sistema de armas, también pueden mantener una cierta capacidad para combatir la amenaza convencional. Las unidades se deben integrar en el sistema de defensa antimisil que se constituya (AMDS).

— Defensa contra la amenaza RAM: asociada a la protección de un punto vital, con un alto valor (estratégico u operacional), normalmente de dimensiones reducidas y de carácter estático. La naturaleza de esta amenaza obliga a desplegar sistemas de armas específicamente diseñados y dedicados a este cometido y a su integración en el sistema de mando y control del objetivo a proteger.

— Defensa contra plataformas renegade y slow-movers: asociada a un cometido de defensa de punto; su particularidad estriba, no tanto en las capacidades de la amenaza, sino en su naturaleza, en los procedimientos específicos de mando y control y en las restricciones al uso de la fuerza. Se puede llevar a cabo en tiempo de paz o en situaciones de crisis, para la protección de acontecimientos de gran importancia o interés mediático (HVE).

Normalmente, se establece una estructura de mando y control y unos procedimientos específicos para coordinar la actuación de todos los elementos (militares y no militares) que participan en este tipo de operaciones.

Además, existen otras acciones que emanan de estos cometidos genéricos y que se caracterizan por la finalidad que se busca y por adoptar casos particulares de despliegue. Estas acciones son, entre otras:

— Defensa de itinerario. Puede considerarse una combinación de los tres cometidos genéricos señalados anteriormente, en la que los recursos se despliegan a lo largo del itinerario pudiendo priorizar o no determinados puntos o elementos críticos del mismo.

— Acompañamiento. Es una aplicación de la protección de fuerzas. Se emplea para proporcionar protección antiaérea de forma constante a una unidad en movimiento, tanto cuando esté desplegada y maniobrando, como cuando se esté desplazando en columna de marcha. El acompañamiento puede realizarse sucesivamente (por saltos), continuamente (acompañamiento directo) o en una modalidad mixta.

— Emboscada antiaérea. Es una acción en la que los medios antiaéreos despliegan en una determinada zona del terreno con la finalidad de cerrar una avenida de aproximación aérea a baja y muy baja altura, que puede estar o no asociada a una unidad o punto concreto; o bien

para hostigar al enemigo desde posiciones favorables. Puede realizarse como complemento de una defensa de zona, de punto o de protección de fuerzas. Esta modalidad de empleo requiere disponer de medios suficientes como para poder dedicar una parte de ellos a este tipo de

acción, sin que los beneficios de su utilización en el conjunto de la operación excedan el riesgo de disminuir el grado de seguridad en la defensa de otros puntos o zonas.

— Defensa de cinturón, es una aplicación de la defensa de zona en la que los medios antiaéreos están dispuestos sobre una franja de terreno, con el propósito de impedir que los medios aéreos enemigos la atraviesen.

ANEXO K: AMENAZAS A COMBATIR

En este apartado se va focalizar en las amenazas que tiene que enfrentar el sistema PATRIOT en los teatros de operaciones. La amenaza es cada vez más difícil de prever debido al notable desarrollo que la tecnología está experimentando en los últimos años.

- **Misiles Balísticos (BM) [6]**

Se conocen como misiles balísticos aquellos que, cuando deja de actuar la fuerza propulsora que los impulsa, siguen una trayectoria programada aproximadamente balística, influida sólo por la gravedad y por la resistencia aerodinámica (durante las fases de la trayectoria dentro de la atmósfera).

Para alcances suficientemente pequeños en comparación con la superficie de la tierra, la trayectoria será el segmento de una curva parabólica. Si el alcance es mayor, el misil se comportará prácticamente como un satélite; en este caso su trayectoria será elíptica, con el foco en el centro de la Tierra [31]. Pueden incluir modificaciones en sus diseños iniciales, con el fin de obtener más alcance o la posibilidad de portar más carga útil, al proporcionarle más empuje en la fase ascendente.

También pueden incluir una relativa capacidad de guiado en la fase final de la trayectoria, con el fin de tratar de precisar la zona de caída. Entre todos los elementos que constituyen la amenaza aérea, los misiles balísticos probablemente presentan la mayor dificultad para la defensa, como consecuencia de sus peculiaridades: reducida superficie equivalente radar (RCS), escaso tiempo de reacción, trayectorias de reentrada muy verticales y elevada velocidad terminal (superior a mach 10 en los de gran alcance), amplia panoplia de cabezas de guerra y capacidad todo tiempo.

Se clasifican por su alcance en:

- Corto alcance: hasta 1.000 km.
- Medio alcance: de 1.000 a 3.000 km.
- Alcance Intermedio: de 3.000 a 5.500 km.
- Intercontinentales: más de 5.500 km.

- **Misiles de crucero (CM)**

Se trata de artefactos no tripulados, que están autoguiados y utilizan fuerzas aerodinámicas para mantener una trayectoria de vuelo, además poseen una o varias cabezas de guerra. En el teatro de operaciones, se usan para atacar núcleos de población, aeropuertos, puertos marítimos, centros de operaciones, áreas logísticas etc. Los misiles de crucero son fiables, certeros, resistentes y letales. Estos pueden ser lanzados desde plataformas terrestres, marítimas y aéreas. Poseen sofisticados sistemas de guía y de propulsión que les proporcionan un alcance de hasta 3000 kilómetros y una altura de 50

metros. Pueden portar gran variedad de cabezas de guerra, además la precisión de los CM's está sobre los 10 metros de error cuando portan seeker de guía terminal.

- **Misiles aire-tierra (ASM)**

Son misiles lanzados desde el aire, normalmente por aviones de combate o por bombarderos, los cuales están guiados, y cuya misión es atacar objetivos terrestres concretos como radares, vehículos acorazados, puentes y otros objetivos críticos. Son parecidos a los CM's pero más pequeños, tienen menos alcance, y carecen de superficies de sustentación, no pudiendo aprovechar el impulso aerodinámico característico en los CM's. Los ASM's son extremadamente letales por su versatilidad y su precisión milimétrica. La defensa contra ASM's es complicada debido a sus altas velocidades y a que equipan sistemas anti radiación. Los ASM's tienen la capacidad de atacar radares enemigos (ARM) [5].

ANEXO L: TRAYECTORIA DE VUELO DE UN MISIL [32]

Un aspecto a tener muy en cuenta a la hora de estudiar la amenaza es la fase de vuelo en la que se pretende neutralizar.

Un misil balístico tiene tres fases diferenciadas de vuelo. La fase *Booster* o de empuje, que se inicia con el lanzamiento y dura aproximadamente 5 minutos, es considerada la fase más vulnerable para el misil al ser fácilmente detectable por los radares y satélites de exploración debido a su gran firma infrarroja, y por tanto más fácilmente enfrenable. La fase *mid-course* o apogeo, que dura aproximadamente 20 minutos (dependiendo del alcance), resulta ser de más difícil detección puesto que tiene una firma infrarroja mínima, mayor cinemática, y una órbita de vuelo muy alejada para los radares convencionales y la gran mayoría de los misiles antiaéreos basados en la superficie terrestre. Y por último, la fase *terminal*, que se corresponde con la fase más peligrosa y difícil de enfrentar, pues el misil lleva una gran cinemática (del orden de 8 km/seg) y una trayectoria perpendicular a la superficie, lo cual provoca que los restos de las cabezas de combate repletas de componentes NBQ caigan sobre el propio territorio en caso de ser derribado, o bien éstas se separen y multipliquen la amenaza.

BALLISTIC MISSILE TRAJECTORIES

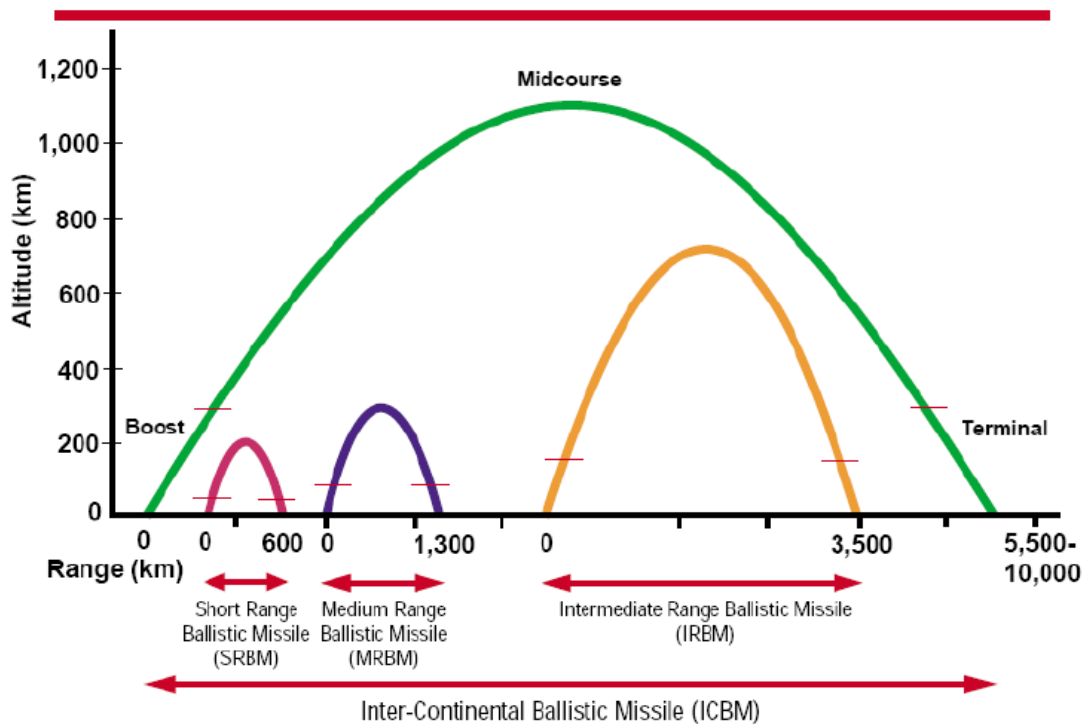


Figura 15. Fases de la trayectoria de vuelo [4]

ANEXO M: SECTORES DE BÚSQUEDA EN EL SITEMA PATRIOT [4]

En el Sistema PATRIOT existen dos modos de exploración diferentes el ABT y el ABT/TBM, que son utilizados en función de qué tipo de amenazas se prevé puedan atacar a la Batería u objetivos a defender. El sistema por defecto combate en ABT y si fuera necesario los operadores de la ECS activarían los sectores ABT/TBM.

Existen 1580 “beams” que exploran el sector ABT. Cada beam posee 1,6 grados de diámetro. Los beams se distribuyen en 5 sectores del siguiente modo:

SECTOR	BEAM	ÁNGULOS
LONG RANGE	570	0º a 15º
UPPER MEDIUM	440	15º a 25º
LOWER MEDIUM	399	4,8º a 15º
SHORT RANGE POP UP	114	1,6º a 4,8º
HORIZON	57	0º a 1,6º

Tabla 7. Beams para ABT [4]

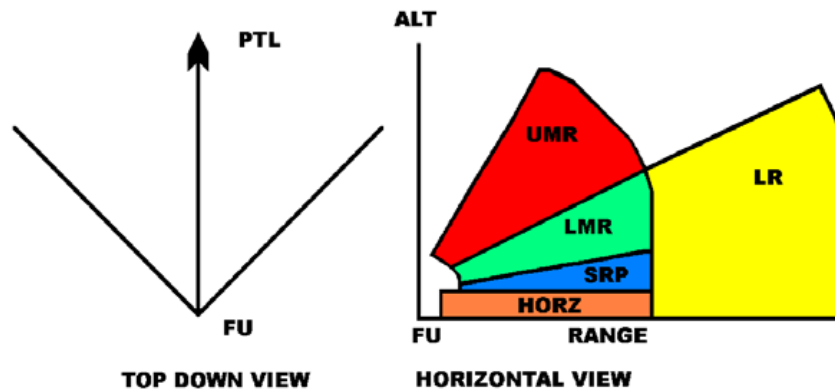


Figura 16. Sectores de búsqueda ABT [4]

Cuando se pasa al modo TBM se desecha automáticamente el sector de larga distancia (Long range sector) y se emplea un sector de búsqueda de gran elevación consistente en 1260 beams repartidos en:

SECTOR	BEAM	ÁNGULOS
LOWER TBM	450	20º a 34º
UPPER TBM	725	34º a 70º
EXTRA HIGH TBM	85	70º a 89º

Tabla 8. Beams para TBM [4]

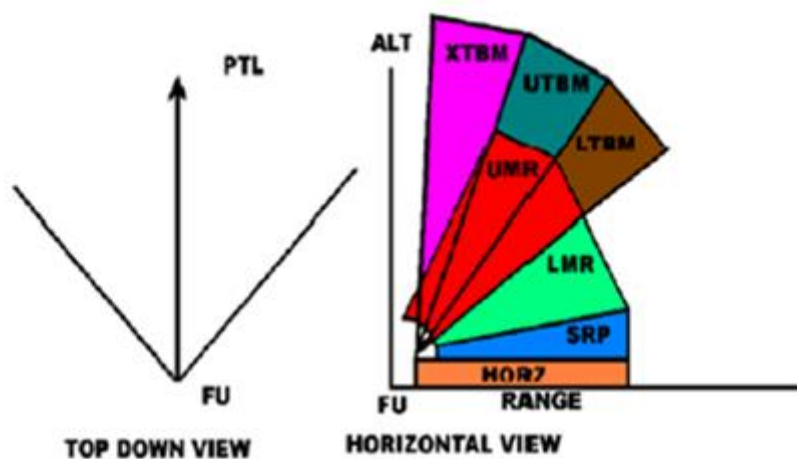


Figura 17. Sectores de búsqueda TBM [4]

El “Extra High” y el “Upper” proporcionan cobertura frente a TBM. Las trazas serán clasificadas como ABT como máximo hasta 82 grados mientras que podrán ser clasificadas como TBM hasta 89 grados. En los sectores TBM se puede detectar trazas en distancia superiores a 100km de distancia.